

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-045042

(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl. H04L 12/46  
H04L 12/28  
H04B 7/15  
H04B 7/26  
H04B 10/22  
H04B 10/00  
H04L 12/40

(21)Application number : 11-364310 (71)Applicant : MATSUSHITA  
ELECTRIC IND CO LTD  
(22)Date of filing : 22.12.1999 (72)Inventor : MAEDA KAZUKI  
SASAI HIROYUKI  
SANADA TAKESHI

(30)Priority

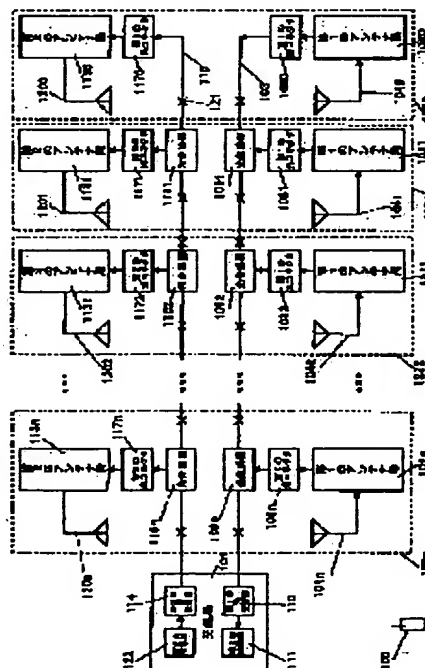
Priority number : 11142243 Priority date : 21.05.1999 Priority country : JP

(54) BUS TYPE OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, MOBILE COMMUNICATION SYSTEM AND DEVICE USED FOR THE SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical transmission system that interconnects a base station and an antenna station installed at a place apart from the base station when number of installed optical fibers is limited.

SOLUTION: A 1st antenna 104n receives a signal from a portable telephone terminal 100, a 1st antenna station 102n converts the signal into an optical intensity signal and a corresponding optical multiplexer 109n on a 1st optical fiber 103 multiplexes the converted signal with other optical signal. A 1st optical receiver 110 connected to one end of the 1st optical fiber 103 again converts the optical signal into an electric signal, which is given to a 1st exchange section 111. On the other hand, a 2nd optical transmission 114 converts a signal of a



2nd exchange section 122 into an optical signal, which is sent to a 2nd optical fiber 115. An optical demultiplexer 116n inserted to the 2nd optical fiber 115 gives the optical signal to a 2nd antenna station 113n, where the optical signal is converted into an electric signal and sent from a 2nd antenna 120k.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[0018] Furthermore, a space between a tunnel wall on which the antenna is placed and the train is so narrow that a dynamic range of a signal received by the wireless portable terminal in the movable object and the movable object itself and a dynamic range of a signal, which has been transmitted from the wireless portable terminal in the movable object and the movable object itself and received by the antenna on the tunnel wall, vary significantly. Thus, it is desirable that the dynamic ranges of these signals be compressed.

[0019] Especially, in the case where the antenna on the movable object cuts across immediately before the antenna on the tunnel wall, received power becomes enormously high. In order to receive a signal with such high power, the receiver side has to be provided with a special function for handling high power. However, it is very uneconomical to provide such a special function to the wireless portable terminal only for communications in the train.

[0020] Therefore, in order to prevent power from becoming too high, it is realistic to restrict transmitted and received power of the antenna on the tunnel wall. However, as a result, it is necessary to narrow the space between the antennas placed on the tunnel wall for installation of more antennas in order to complement the above power restriction.

[0021] Therefore, an object of the present invention is to provide a bus-type optical transmission system, a movable object communication system, and an apparatus used in the systems, which allow more antenna stations to be connected while using a bus-type

optical transmission path, thereby lengthening a transmission distance. Furthermore, an object of the present invention is to provide a bus-type optical transmission system, a movable object communication system, and an apparatus used in the systems, which are capable of compressing a dynamic range of a received signal.

[0211] Now, a tunnel diameter of the movable object, typically, a train, in the tunnel is reduced to the minimum side required for the train to pass therethrough in order to reduce construction costs. Thus, there is a very limited space between the sides of the train and the tunnel. In the case where electric waves propagate through such a narrow space, it is conceivable that it shows a propagation characteristic distinct from that in a free space, and power of a signal arrived in the train is lower than usual. Furthermore, due to a metal-covered train, electric wave propagation from or to the outside of the train is limited to propagation through the window thereof. This can also be considered as a cause for a higher propagation loss of the train.

[0212] Also, for example, in the case where the wireless portable terminal in the train operates in the neighborhood of the window on the tunnel wall on which each forward station is placed, a distance between the train side and the tunnel wall becomes remarkably narrowed. Thus, at the moment of cutting across the vicinity of each forward station, the wireless portable terminal performs a complete line-of-sight communication with the antenna, and a

distance from the antenna becomes considerably narrowed. As a result, received power of the wireless portable terminal becomes remarkably high.

[0213] In order to ensure the receiving performance of the wireless portable terminal even in such conditions, it is conceivable to limit transmitted power from each forward station placed on the tunnel wall so as to be equal to or smaller than the maximum received power of the existing wireless portable terminal. However, if the transmitted power is limited under such conditions, a distance over which the electric waves arrive is reduced due to the above-described propagation characteristic, and more forward stations are required to be placed on the tunnel walls.

[0214] Therefore, in order to effectively perform signal transmission and reception in the tunnel, a system according to one embodiment of the present invention, which is obtained by further adding component elements to the bus-type optical transmission system as shown in FIGS. 1 and 2, is an exemplary structure as shown in FIG. 7. Hereinafter, with reference to FIG. 7, the structure and an operation of the present system will be described.

[0215] As is the case with the bus-type optical transmission system as shown in FIG. 1, the system as shown in FIG. 7 comprises a switching station 701, forward stations 7020 to 702n ( $n$  is an integer equal to or greater than zero), a first optical fiber 7031, and a second optical fiber 7032.

[0216] Furthermore, the system as shown in FIG. 7 comprises a movable object 720 which includes a portable phone terminal 700 and moves, typically, in a tunnel, movable object detecting sections 7500 to 750n provided corresponding to the forward stations 7020 to 702n, and forward station control sections 7600 to 760n provided in the corresponding forward stations 7020 to 702n.

[0217] Also, the movable object 720 includes first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 which are respectively mounted, with respect to a traveling direction of the movable object 720, at the front and end thereof, in-vehicle stations 7301 to 730i (i is an arbitrary natural number) provided between these on-vehicle stations, and an in-vehicle transmission path 740 for connecting therebetween. Typically, a coaxial cable is used as the in-vehicle transmission path 740. Note that other component elements are identical to those in FIG. 1, and therefore descriptions thereof are omitted.

[0218] Next, an outline of transmission from the switching station 701 to the portable phone terminal 700 will be described. The forward stations 7020 to 702n are placed in series on the wall in the tunnel, and emit a signal transmitted from the switching station 701 in a manner as described above. Here, there is a space in the tunnel in the front and rear of the movable object 720. Also, even in the case where two movable objects 720 traveling in different directions cross each other in the tunnel, there is a space in the front or rear of the two movable objects 720. A

signal propagating in this space is received by the first or second on-vehicle station 7101 or 7102 mounted on the front or end of the movable object 720. The received signal is supplied to the in-vehicle stations 7301 to 730i via the in-vehicle transmission path 740. The in-vehicle stations 7301 to 730i emit signal-carrying electric waves to each vehicle by using appropriate transmitted power. The electric waves are received by the portable phone terminal 700.

[0219] Next, an outline of transmission from the portable phone terminal 700 to the switching station 701 will be described. Electric waves transmitted from the portable phone terminal 700 in the movable object 720 are received by any of the in-vehicle stations 7031 to 703i in the movable object 720. The received signal is transmitted as an RF signal to the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 via the in-vehicle transmission path 740. The first or second on-vehicle station 7101 and 7102 adjusts the transmitted signal to an appropriate signal level, and emits it to the outside of the movable object 720. Here, there is a space in the front and rear of the movable object 720. Also, even in the case where two movable objects 720 traveling in different directions cross each other, there is a space in the front or rear of the two movable objects 720. A signal propagating in this space is received by any of the forward stations 7020 to 702n placed in series on the tunnel wall. The above description is the outline of the operation of the optical transmission system according to

one embodiment of the present invention.

[0220] Next, FIG. 8 shows a detailed structure of the system according to the present embodiment with an emphasis on the component elements added to the movable object 720. In FIG. 8, the first on-vehicle station 7101 placed in the neighborhood of the end of the movable object 720 comprises an on-vehicle antenna 821, a shared device 822 for sharing the on-vehicle antenna 821 in transmission and reception, an on-vehicle transmitter 823 for transmitting an outgoing signal, an on-vehicle receiver 824 for receiving an incoming signal, a reception level measuring section 825 for measuring a level of a received signal, an on-vehicle station control section 826, and a transmission device 827 for use in the on-vehicle station for transmitting a signal to each station in the movable object 720. Note that the structure of the second on-vehicle station 7102 is identical to that of the first on-vehicle station 7101, and therefore descriptions thereof are omitted.

[0221] The in-vehicle station 7301 comprises a power distributor 831 for distributing a signal from the in-vehicle transmission path 740, a bi-directional amplifier 836, an in-vehicle antenna 835 for transmission and reception, a transmission level adjuster 832, a reception level adjuster 833, and a circulator 834 for sharing the in-vehicle antenna 835. The in-vehicle stations 7301 to 730i are connected to each other via the in-vehicle transmission path 740, and the second on-vehicle



station 7102 is connected to the other end of the in-vehicle transmission path 740. Note that the structure of each of the in-vehicle stations 7302 to 730i is identical to that of the in-vehicle station 7301, and therefore a description thereof is omitted.

[0222] Also, a movable object detecting section 750k, a forward station 702k, and a forward station control section 760k each represent a k-th (k is an arbitrary integer from 1 through n) component element of the movable object detecting sections 7500 to 750n, the forward stations 7020 to 702n, and the forward station control sections 7600 to 760n as shown in FIG. 7.

[0223] Next, regarding an operation of each component element as shown in FIG. 7, firstly, an operation for transmitting a signal from the forward station 702k to the movable portable terminal 710 will be described. Note that assume that the movable portable terminal 710 is present in the neighborhood of the in-vehicle station 7301.

[0224] The on-vehicle antenna 821 is used for both signal transmission and reception by the shared device 822. Note that a transmission and reception pattern of the on-vehicle antenna 821 may not have specific directivity, or may have directivity as described below.

[0225] Electric waves from the forward station 702k are received by the on-vehicle receiver 824 through the on-vehicle antenna 821 via the shared device 822. The on-vehicle receiver 824 amplifies

the received signal up to an appropriate level while preventing it from being distorted, and outputs it to the transmission device 827 for use in the on-vehicle station. The transmission device 827 for use in the on-vehicle station further converts the inputted signal up to a level suitable for transmission to the in-vehicle transmission path 740, and outputs it to the in-vehicle transmission path 740.

[0226] Also, a signal received by the on-vehicle receiver 824 is inputted to the reception level measuring section 825, and its level is measured thereby. Such measurement is performed in the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 placed on both ends of the movable object 720. The measurement results are exchanged between the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102.

[0227] For example, the measurement result of the second on-vehicle station 7102 is transmitted to the other first on-vehicle station 7101 by the transmission device 827 for use in the on-vehicle station via the in-vehicle transmission path 740. A signal for transmitting this measurement result is a signal different from an RF signal received by the on-vehicle receiver 824, and is typically a signal in the low frequency range or a baseband signal.

[0228] The transmitted measurement result is received by the transmission device 827 for use in the on-vehicle station, and is inputted to the on-vehicle station control section 826. The

on-vehicle station control section 826 compares the inputted measurement result with the measurement result of its station. Based thereon, the on-vehicle station control section 826 determines which station is suitable for transmission and reception.

[0229] The above determination is performed such that an on-vehicle station having higher received power is selected, and an on-vehicle station which receives a signal exceeding a predetermined level is not selected. As is the case with the above-described measurement results, the result of this determination is transmitted to the on-vehicle station control section provided in the other on-vehicle station. Based on this determination result, control is performed such that any one of the on-vehicle stations performs transmission and reception.

[0230] Note that, in the case where both the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 receive a signal exceeding a predetermined level, determination is performed such that an on-vehicle station having higher received power is not selected. Also, other than the structure by which the determination results are transmitted therebetween, if the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 are structured so as to perform determination by using the same criteria, it is not necessary to transmit determination results.

[0231] Here, in the case where signals received by the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 are the same in level,

it is conceivable that the switching of on-vehicle stations is performed frequently. In this case, a very large Doppler shift occurs abruptly due to such switching.

[0232] Thus, a hysteresis is provided to the switching of on-vehicle stations. That is, in order to prevent frequent switching of on-vehicle stations, reference is made as to whether the on-vehicle station which has performed transmission and reception is changed in a predetermined time. As a result of the reference, if the on-vehicle station is changed, no switching of on-vehicle stations is performed irrespective of the determination result. By doing this, the switching of on-vehicle stations is not performed in a predetermined time, and it is possible to prevent frequent switching of on-vehicle stations. Also, the same effect can be obtained by referring to power whose received power is averaged out for a set amount of time for the switching of on-vehicle stations.

[0233] Next, a case in which two movable objects cross each other in the tunnel is considered. In the case where the forward stations 7020 to 702n are placed on only one side of the tunnel wall, one of the movable objects is completely shielded from a line of sight with the forward station 702k by the other oncoming movable object. As a result, reception levels of the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 are considerably reduced. Also, in the case where, although there is a line of sight between one of the movable objects and a neighboring forward station, a transmission direction is identical to a direction in which the

other oncoming movable object is present, received power of the on-vehicle station provided in that direction fluctuates remarkably due to a multibus.

[0234] The reception level measuring section 825 also measures such a fluctuation characteristic of the received power. The above measurement result is inputted to the on-vehicle station control section 826 in a manner as described above. Based on the inputted measurement result, the on-vehicle station control section 826 performs control so as to change an operating on-vehicle station. Thus, it is possible to realize more stable transmission and reception. Note that it is conceivable that levels of both on-vehicle stations are reduced at the same time, depending on a timing at which the movable objects cross each other. In this case, as aforementioned, an on-vehicle station with a higher level may be selected.

[0235] The in-vehicle station 7301 is connected to the in-vehicle transmission path 740. The in-vehicle station 7301 has the power distributor 831 for distributing a signal at a ratio of one to one in order to bi-directionally transmit a signal from the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 placed on the both ends of the movable object 720. The in-vehicle stations 7301 to 730i are connected to each other in columns by the power distributor 831.

[0236] A signal from the forward station 702k, which is received by the on-vehicle station 7301, is distributed by the power

distributor 831, and inputted to the transmission level adjuster 832. The transmission level adjuster 832 amplifies or attenuates the inputted signal to an appropriate level, and supplies it to the in-vehicle antenna 835 via the circulator 834. A signal outputted from the in-vehicle antenna 835 is received by the portable phone terminal 700 in the vehicle.

[0237] Here, transmitted power may be relatively low because, in the movable object 720, a distance between the on-vehicle antenna 835 and the portable phone terminal 700 is very short. Thus, depending on the circumstance where the system is installed, it is conceivable that the transmission level adjuster 832 employs an attenuator performing power control for only attenuation, not amplification. The employment of such an attenuator can reduce costs of the system and consumption power.

[0238] Also, a signal inputted to the transmission level adjuster 832 is distributed by the power distributor 831. Thus, signals inputted to the transmission level adjusters have different levels in each in-vehicle station. Therefore, in addition to an RF signal received by the on-vehicle antenna 821, the transmission device 827 for use in the on-vehicle station transmits a signal at a certain predetermined level in the low frequency range and a baseband signal. The in-vehicle stations 7301 to 730i are controlled so as to keep the transmitted power in each in-vehicle station substantially constant by referring to the level of this signal by the respective transmission level adjusters installed

therein. Note that a signal for transmitting the above-described measurement result or determination result can be used as the above signal.

[0239] Furthermore, such a state where a signal inputted to the transmission level adjuster in each on-vehicle station has a constant level, which varies with each on-vehicle station, is not changed while the movable object 720, typically a train, is moving. This state is changed when spacing and conditions for installation of each in-vehicle station is changed, typically, when a composition of a train is changed. Thus, it is conceivable that control is performed so as to keep the transmitted power in each in-vehicle station substantially constant by transmitting the above-described signal or referring to a signal level only once at this time. Then, once control is performed so as to keep the transmitted power constant, the necessity to control the transmitted power of each in-vehicle station by referring to the signal level by each transmission level adjuster is eliminated unless the state is changed.

[0240] The bi-directional amplifier 836 corrects both signal levels transmitted from the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102. Every time a transmitted signal passes through each power distributor 831 provided in the in-vehicle stations 7301 to 730i, a signal level thereof is reduced. Thus, it is necessary to amplify it to a certain level. Therefore, the bi-directional amplifier 836 performs bi-directional signal amplification.

[0241] Note that a position in which the bi-directional amplifier 836 is provided is placed in an appropriate position with the consideration given to a loss of a signal transmitted from the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102. Thus, the bi-directional amplifier 836 does not always have to be provided in all the in-vehicle stations 7301 to 730i.

[0242] Next, a case in which the movable object 720 cuts across immediately before the forward station 702k is considered. At this time, if signal transmission from the forward station 702k has been performed, the portable phone terminal 700 receives a signal from the in-vehicle antenna 835 and the forward station 702k at the same time.

[0243] Also, if the portable phone terminal 700 is present by the window on the side of the forward station placed thereon in the case where the movable object 720 moves along and close to the wall on which the forward station 702k is placed, a distance between the forward station 702k and the portable phone terminal 700 is extremely narrowed. As a result, it is conceivable that the portable phone terminal 700 is affected by radical fluctuations in a reception level, or forced to perform reception with an extreme high power.

[0244] In order to prevent such a situation, it is effective to stop signal transmission and reception in the forward station 702k. Thus, the movable object detecting sections 7500 to 750n for detecting the passage of the movable object 720 and the forward



station control sections 7600 to 760n for stopping transmission and reception of the corresponding forward stations are provided corresponding to the forward stations 7020 to 702n.

[0245] In the case where the movable object 720 passes immediately before the movable object detecting section 750k, it outputs a signal for notifying the corresponding forward station control section 760k of the passage of the movable object 720. When the signal is inputted, the forward station control section 760k performs control so as to stop signal transmission and reception in the corresponding forward station 702k.

[0246] As a result, it is possible to prevent the portable phone terminal 700 from receiving signals from the in-vehicle antenna 835 and the forward station 702k at the same time. Thus, the portable phone terminal 700 can perform more stable reception.

[0247] Furthermore, installation may be performed in such a manner that two movable object detecting sections 750k are provided with respect to the corresponding forward station 702k, whereby one of which can detect the passage of the movable object 720 in advance, and the other of which can detect the completion of the passage after the fact. Specifically, they are placed before and behind along the tunnel wall at a predetermined distance from the corresponding forward station 702k. By doing this, it is possible to stop transmission and reception in the forward station 702k before the forward station 702k and the portable phone terminal 700 come close to each other, and resume transmission and reception

when they get away from each other. As a result, the portable phone terminal 700 can perform more stable signal transmission and reception.

[0248] Note that, among the above-described two movable object detecting sections 750k, in place of the installation of the movable object detecting section 750k for detecting the completion of the passage of the movable object 720, a timer for measuring a time taken by the movable object 720 to pass through may be provided in the corresponding forward station control section 760k by utilizing the fact that the movable object 720 moves in substantially uniform linear motion.

[0249] Next, an operation by which a signal is transmitted from the portable phone terminal 700 to the forward station 702k is described. A signal from the portable phone terminal 700 is received by the in-vehicle antenna 835, and inputted to the reception level adjuster 833 via the circulator 834.

[0250] Due to the closeness between the portable phone terminal 700 and the in-vehicle station 7301, a signal having high power may be inputted to the reception level adjuster 833 from the in-vehicle antenna 835. Thus, since there may be a case where signal amplification is not required in the reception level adjuster 833, it is conceivable that the inputted signal is outputted as it is without amplification, or outputted after attenuation. In such a case, the reception level adjuster 833 functions as a power attenuator, and the inputted signal is outputted to the power

distributor 831 after adjustment of a level thereof by attenuation.

[0251] Thus, as is the case with the transmission level adjuster 832, depending on the circumstances where the system is installed, the reception level adjuster 833 employs an attenuator performing power control for only attenuation, not amplification. The employment of such an attenuator can reduce costs of the system and consumption power.

[0252] The power distributor 831 is placed over the in-vehicle transmission path 740, and multiplexes a signal transmitted over the in-vehicle transmission path 740 and a signal from the portable phone terminal 700. The multiplexed signal is transmitted to the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 placed near the both ends of the movable object 720.

[0253] The transmission device 827 for use in the on-vehicle station receives the signal transmitted over the in-vehicle transmission path 740, adjusts a level of the signal, and inputs it to the on-vehicle transmitter 823. The on-vehicle transmitter 823 adjusts the inputted signal to a level required for transmission, and transmits it from the on-vehicle antenna 821 via the shared device 822.

[0254] Here, as aforementioned, the reception level measuring section 825 measures a reception level of a reception signal inputted from the on-vehicle receiver 824, and inputs the measurement result to the on-vehicle station control section 826. In accordance with the measurement result, the on-vehicle station

control section 826 performs control such that the on-vehicle transmitter 823 carries out transmission with an appropriate signal power. Also, as described above, the on-vehicle station control section 826 determines which on-vehicle station is suitable for transmission and reception, and controls the transmission device 827 for use in the on-vehicle station such that only one of the on-vehicle stations performs transmission.

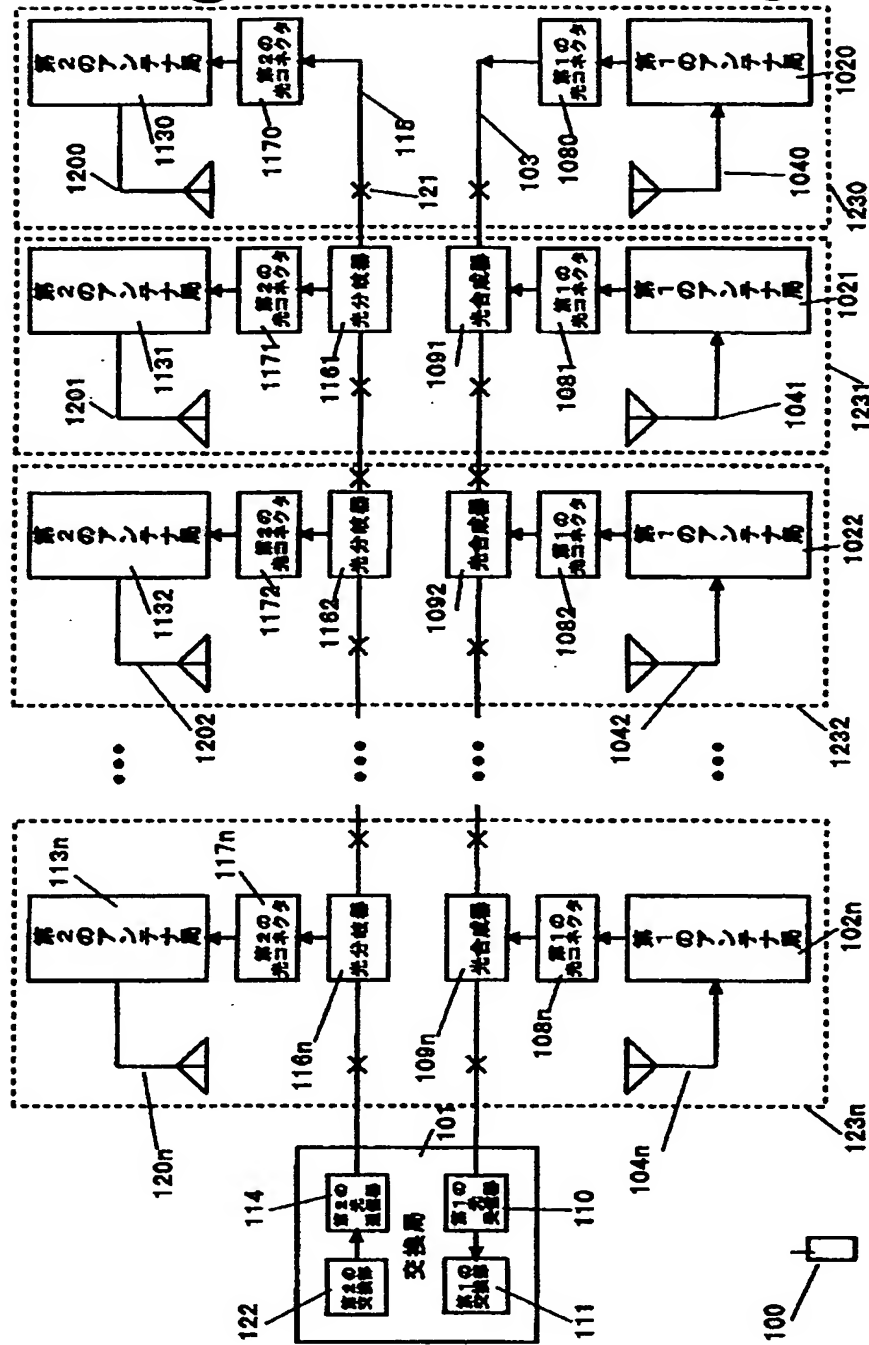
[0255] Also, signal transmission from the portable phone terminal 700 to the forward station 702k suffers from problems concerning reception level fluctuations and Doppler shift. However, these problems can be solved by the structure and operation of the above-described forward station 702k and the movable object 720 in a similar manner.

[0256] Here, the above descriptions describe that a transmission and reception pattern of the on-vehicle antenna 821 may not have specific directivity, or may have directivity. However, with the on-vehicle antenna 821 having directivity which reduces a gain in a direction in which the nearest forward station 702k is placed, typically, a gain in a lateral direction with respect to a traveling direction of the movable object 720, it is possible to prevent transmission and reception using very high power or suppress transmission and reception dynamic range. A shape of such directivity can be a pencil-shaped beam pattern, for example, by which the maximum gain is obtained in front of the movable object 720.

[0257] As such, if selection is performed such that the on-vehicle antenna 821 has the above-described directivity, an antenna gain is reduced as an anticipation angle from the front of the movable object 720 deepens. Thus, an anticipation angle of the forward station 702k seen from the movable object 720 deepens remarkably, and an antenna gain is reduced as the movable object 720 comes closer to the forward station 702k, whereby a reception level is suppressed.

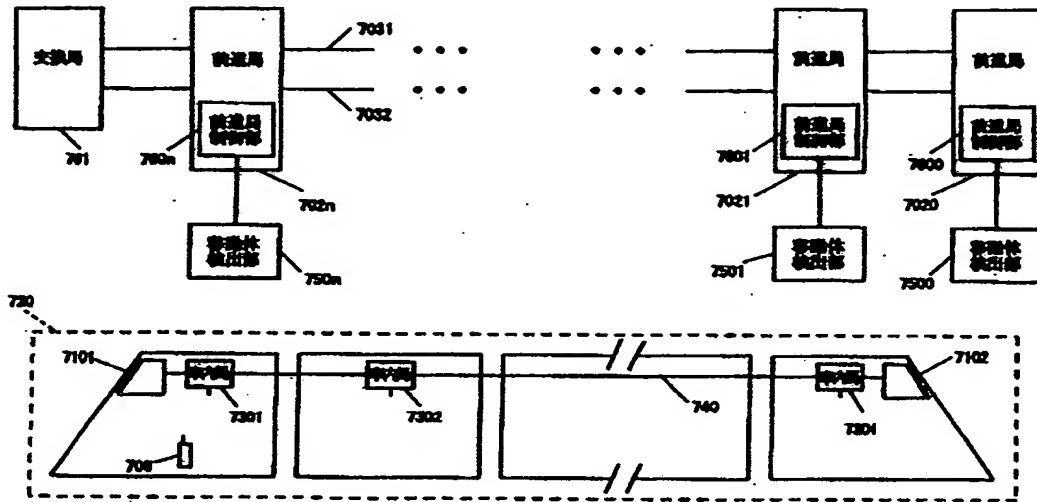
[0258] The employment of the on-vehicle antenna 821 having such an antenna pattern realizes prevention of transmission and reception using very high power or suppression of transmission and reception dynamic range in the first and second on-vehicle stations 7101 and 7102 and the forward station 702k.

【図1】 Fig. 1



- 122 SECOND SWITCHING SECTION
- 114 SECOND OPTICAL TRANSMITTER
- 111 FIRST SWITCHING SECTION
- 110 FIRST OPTICAL RECEIVER
- 113n, 1132, 1131, 1130 SECOND ANTENNA STATION
- 117n, 1172, 1171, 1170 SECOND OPTICAL CONNECTOR
- 116n, 1162, 1161 OPTICAL BRANCH DEVICE
- 109n, 1092, 1091 OPTICAL SYNTHESIZER
- 108n, 1082, 1081, 1080 FIRST OPTICAL CONNECTOR
- 102n, 1022, 1021, 1020 FIRST ANTENNA STATION

(圖7) Fig. 7



701 SWITCHING STATION

702n, 7021, 7020 FORWARD STATION

760n, 7601, 7600 FORWARD STATION CONTROL SECTION

750n, 7501, 7500 MOVABLE OBJECT DETECTING SECTION

7301, 7302 IN-VEHICLE STATION

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-45042

(P2001-45042A)

(43)公開日 平成13年2月16日(2001.2.16)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 L	12/46	H 0 4 L 11/00	3 1 0 C
	12/28	H 0 4 B 7/15	Z
H 0 4 B	7/15	7/26	A
	7/26	9/00	A
	10/22	H 0 4 L 11/00	3 1 0 B
審査請求 未請求 請求項の数34 O L (全 31 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平11-364310

(22)出願日 平成11年12月22日(1999.12.22)

(31)優先権主張番号 特願平11-142243

(32)優先日 平成11年5月21日(1999.5.21)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 前田 和貴

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 笹井 裕之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 真田 猛

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1  
号 松下通信工業株式会社内

(74)代理人 100098291

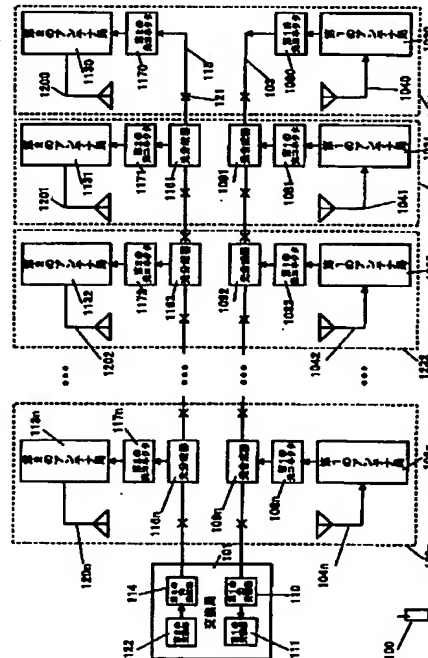
弁理士 小笠原 史朗

(54)【発明の名称】 バス型光伝送システムおよび移動体通信システム並びに当該システムに用いられる装置

(57)【要約】

【課題】 光ファイバの敷設数が制約される場合、基地局と基地局から離れた場所に設置されるアンテナ局との間を接続する光伝送システムを提供する。

【解決手段】 携帯電話端末100からの信号は、或る第1のアンテナ104kで受信され、第1のアンテナ局113kにおいて光強度信号に変換された後、対応する光合成器109kにより第1の光ファイバ103上で他の光信号と合成される。第1の光ファイバ103の一端に接続された第1の光受信器110により、光信号は、再び電気信号に変換された後、第1の交換部111に入力される。一方、第2の交換部122の信号は第2の光送信器114で光信号に変換されて第2の光ファイバ115へ送出される。第2の光ファイバ115に介挿された光分岐器116kにより、光信号は、第2のアンテナ局113kに入力され、電気信号に変換された後、第2のアンテナ120kから送出される。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 通常では電波の届かない区域に存在する無線携帯端末が前記区域外近傍に配置された交換局と通信を行えるようにするためのバス型光伝送システムであって、

その一端が前記交換局に接続され、前記区域内に延設された光伝送線路と、

前記区域内に所定の間隔をあけて配置され、前記無線携帯端末との間で通信のための中継処理を行う複数の前進局と、

各前記前進局毎に設けられ、前記光伝送線路に対して各前進局をバス型に接続する複数の接続手段とを備え、各前記接続手段で生じる損失が、各前記前進局と前記交換局との間で生じる損失をほぼ均一にするような値に選ばれていることを特徴とする、バス型光伝送システム。

【請求項2】 各前記前進局は、前記無線携帯端末から前記交換局に向かう上り方向の通信を中継するための第1のアンテナ局と、前記交換局から前記無線携帯端末に向かう下り方向の通信を中継するための第2のアンテナ局とを含み、前記接続手段は、

前記光伝送線路との接続地点において、伝送方向後方の前進局から伝送されてくる上り方向の光信号に対して、対応する前進局内の前記第1のアンテナ局から出力される第1の光信号を合成する光合成器と、

前記光伝送線路との接続地点において、伝送方向後方の前進局から伝送されてくる下り方向の光信号の一部を第2の光信号として分岐し、当該第2の光信号を対応する前進局内の前記第2のアンテナ局へ出力する光分岐器とを含み、

前記光合成器において、前記上り方向の光信号に対して前記第1の光信号を合成する第1の比率は、当該光合成器の位置が前記交換局に近くなるほど、より小さな値に選ばれており、

前記光分岐器において、前記下り方向の光信号から前記第2の光信号を分岐させる第2の比率は、当該光分岐器の位置が前記交換局に近くなるほど、より小さな値に選ばれていることを特徴とする、請求項1に記載のバス型光伝送システム。

【請求項3】 前記交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局は、前記接続手段を介することなく、前記光伝送線路の終端と直接的に接続されており、前記接続手段の設置総数を $n$ 個（ただし $n$ は任意の自然数）とし、隣り合う前進局間の光伝送線路を伝送される光信号の減衰量を $b$ （光電力が $b$ 倍になる）とすると、前記交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha + 1$ 番目（ただし $\alpha$ は1から $n$ までの任意の整数）に配置される前進局に対して設けられる接続手段に含まれる前記光合成器の前記第1の比率および前記光分岐器の前記第2の比率は、それぞれ次式（A）

## 【数1】

$$\frac{b^\alpha}{\sum_{\beta=0}^{\alpha-1} b^\beta} \dots (A)$$

で与えられる値に選ばれていることを特徴とする、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項4】 隣り合う前進局間の伝送距離を $L$ とし、伝送される光信号が単位距離当たりに受ける前記光伝送線路の材質に基づく減衰量を $a$ （ただし、ここでは、光信号の電力が $a$ 倍に減衰することを意味するものとする）とし、伝送される光信号が単位距離当たりに受ける前記光伝送線路の材質以外の要因に基づく減衰量を $c$ （ただし、ここでは、光信号の電力が $c$ 倍に減衰することを意味するものとする）とすると、前記減衰量 $b$ は、次式（B）

$$b = a^L \cdot c \dots (B)$$

によって与えられることを特徴とする、請求項3に記載のバス型光伝送システム。

【請求項5】 前記式（B）におけるパラメータ $a$ は、0.891～0.933の間の値に選ばれており、前記式（B）におけるパラメータ $c$ は、0.741～0.912の間の値に選ばれていることを特徴とする、請求項4に記載のバス型光伝送システム。

【請求項6】 前記交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha + 1$ 番目に配置される前進局に対して設けられる接続手段に含まれる前記光合成器の前記第1の比率および前記光分岐器の前記第2の比率は、予め定められた複数の所定の値の中から、前記式

（A）で与えられる値に最も近い値を1つだけ選択した値に選ばれていることを特徴とする、請求項3に記載のバス型光伝送システム。

【請求項7】 前記予め定められる複数の所定の値は、自然数 $i$ および $j$ （ただし $i > j$ でかつ $i + j = 20$ ）を組み合わせる $5j / 5i$ の複数の値の集合から構成されていることを特徴とする、請求項6に記載のバス型光伝送システム。

【請求項8】 前記第1のアンテナ局は、前記無線携帯端末からの無線信号を下り方向の光信号に変換する光送信器を含み、

当該光送信器の光源には、DFBレーザが用いられていることを特徴とする、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項9】 前記DFBレーザの光波長は、1.3  $\mu$ m帯に選ばれていることを特徴とする、請求項8に記載のバス型光伝送システム。

【請求項10】 前記DFBレーザは、当該内部の温度を任意の値に設定することを可能にする温度設定機能を含み、

前記第1のアンテナ局は、前記DFBレーザの周囲温度

を常に所定の温度に保つように制御するための恒温手段をさらに含む、請求項8に記載のバス型光伝送システム。

【請求項11】 前記DFブレーザの内部温度は、当該DFブレーザが前記交換局により近い位置に設けられているほど、より高い温度に保たれるように制御されていることを特徴とする、請求項10に記載のバス型光伝送システム。

【請求項12】 前記交換局は、外部からの信号を下り方向の光信号に変換する光送信器を含み、当該光送信器の光源には、DFブレーザが用いられていることを特徴とする、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項13】 前記DFブレーザの光波長は、1.3  $\mu\text{m}$ 帯に選ばれていることを特徴とする、請求項12に記載のバス型光伝送システム。

【請求項14】 前記接続手段に含まれる光合成器および光分岐器は、それぞれ前記光伝送線路に対して融着接続されることを特徴とする、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項15】 各前記前進局は、前記接続手段に含まれる光合成器と対応する第1のアンテナ局とを接続するための第1の光コネクタと、前記接続手段に含まれる光分岐器と対応する第2のアンテナ局とを接続するための第2の光コネクタとをさらに含む、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項16】 前記第1のアンテナ局は、前記無線携帯端末からの無線信号を下り方向の光信号に変換する光送信器と、当該光送信器から出力される光信号を減衰させる第1の光減衰器とを含み、前記第2のアンテナ局は、前記光伝送線路からの上り方向の光信号を前記無線携帯端末へ送信するための電気信号に変換する光受信器と、当該光受信器に入力される光信号を減衰させる第2の光減衰器とを含む、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項17】 各前記前進局に対応して設けられ、前記交換局との通信を行う無線携帯端末を搭載する移動体が直前を通過していることを検出する移動体検出部をさらに備え、各前記前進局は、対応する前記移動体検出部が前記移動体の通過を検出した場合に、当該前進局における信号の送受信を行わないように制御する前進局制御部をさらに含む、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項18】 前記無線携帯端末は、前記区域内を通過する移動体に搭載されており、前記移動体は、前記交換局と前記無線携帯端末との通信を中継するために、前記無線携帯端末からの信号を受信し、前記無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と、

前記交換局と前記無線携帯端末との通信を中継するために、複数の前記車内局および各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局および複数の前記車内局への信号を送信する1つ以上の車載局と、

複数の前記車内局と前記車載局とをそれぞれ接続して互いの信号を伝送するための車内伝送路とを含み、

前記上り方向の通信においては、前記無線携帯端末から送信された信号が前記車内局のいずれかにおいて受信され、前記車内伝送路を介して、前記車載局から各前記前進局へ送信され、

前記下り方向の通信においては、各前記前進局から送信された信号が前記車載局において受信され、前記車内伝送路を介して、前記車内局から前記無線携帯端末へ送信されることを特徴とする、請求項2に記載のバス型光伝送システム。

【請求項19】 前記車載局は、各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局への信号を送信するための車載アンテナを含み、

前記車載アンテナの指向性パターンは、前記移動体が各前記前進局に接近するにつれて、当該前進局が存在している方向に対して感度が弱くなるように選ばれることを特徴とする、請求項18に記載のバス型光伝送システム。

【請求項20】 前記車載局は、前記移動体の進行方向に対して当該移動体の前部および後部に1つずつ設けられ、各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局への信号を送信するための車載アンテナと、前記車載アンテナにおいて受信される信号の電力を計測する受信レベル測定部と、

前記受信レベル測定部が測定した受信電力に基づいて、より受信電力が大きい方の車載局が信号の送受信を行うように、また、受信電力が所定の値を超えるか若しくは頻繁に変動する車載局が信号の送受信を行わないように、信号を送受信する車載局を切り換える車載局制御部とを含む、請求項18に記載のバス型光伝送システム。

【請求項21】 前記車載局制御部は、信号を送受信する車載局を頻繁に切り換えないように、所定の時間内の切り換えを行わないことを特徴とする、請求項20に記載のバス型光伝送システム。

【請求項22】 前記交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局は、前記接続手段を介することなく、前記光伝送線路の終端と直接的に接続されており、前記接続手段の設置総数を $n$ 個（ただし $n$ は任意の自然数）とし、隣り合う前進局間の光伝送線路を伝送される光信号の減衰量を $b$ （光電力が $b$ 倍になる）とすると、前記交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha + 1$ 番目（ただし $\alpha$ は1から $n$ までの任意の整数）に配置される前進局に対して設けられる接続手段に含まれる前記光合成器の前記第1の比率および

前記光分岐器の前記第2の比率は、それぞれ次式(C)  
【数2】

$$\frac{b^a}{\sum_{\beta=0}^{a-1} b^\beta} \dots (C)$$

で与えられる値に選ばれていることを特徴とする、請求項18に記載のバス型光伝送システム。

【請求項23】 前記接続手段に含まれる光合成器および光分岐器は、それぞれ前記光伝送線路に対して融着接

続されることを特徴とする、請求項18に記載のバス型光伝送システム。  
【請求項24】 各前記前進局は、前記接続手段に含まれる光合成器と対応する第1のアンテナ局とを接続するための第1の光コネクタと、前記接続手段に含まれる光分岐器と対応する第2のアンテナ局とを接続するための第2の光コネクタとをさらに含む、請求項18に記載のバス型光伝送システム。

【請求項25】 前記第1のアンテナ局は、前記無線携帯端末からの無線信号を下り方向の光信号に変換する光送信器と、当該光送信器から出力される光信号を減衰させる第1の光減衰器とを含む、

前記第2のアンテナ局は、前記光伝送線路からの上り方向の光信号を前記無線携帯端末へ送信するための電気信号に変換する光受信器と、当該光受信器に入力される光信号を減衰させる第2の光減衰器とを含む、請求項18に記載のバス型光伝送システム。

【請求項26】 通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、前記区域外近傍に配置されて前記伝送線路に接続される交換局と、前記区域内を前記伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるようにするための移動体通信システムであって、

前記交換局と前記無線携帯端末との通信を中継するために、前記無線携帯端末からの信号を受信し、前記無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と、

前記交換局と前記無線携帯端末との通信を中継するために、複数の前記車内局および各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局および複数の前記車内局への信号を送信する1つ以上の車載局と、

複数の前記車内局と前記車載局とをそれぞれ接続して互いの信号を伝送するための車内伝送路とを備え、

前記無線携帯端末から前記交換局に向かう上り方向の通信においては、前記無線携帯端末から送信された信号が前記車内局のいずれかにおいて受信され、前記車内伝送路を介して、前記車載局から各前記前進局へ送信され、前記交換局から前記無線携帯端末に向かう下り方向の通信においては、各前記前進局から送信された信号が前記

車載局において受信され、前記車内伝送路を介して、前記車内局から前記無線携帯端末へ送信されることを特徴とする、移動体通信システム。

【請求項27】 前記車載局は、各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局への信号を送信するための車載アンテナを含み、

前記車載アンテナの指向性パターンは、前記移動体が各前記前進局に接近するにつれて、当該前進局が存在している方向に対して感度が弱くなるように選ばれることを特徴とする、請求項26に記載のバス型光伝送システム。

【請求項28】 前記車載局は、前記移動体の進行方向に対して当該移動体の前部および後部に1つずつ設けられ、各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局への信号を送信するための車載アンテナと、前記車載アンテナにおいて受信される信号の電力を計測する受信レベル測定部と、

前記受信レベル測定部が測定した受信電力に基づいて、より受信電力が大きい方の車載局が信号の送受信を行うように、また、受信電力が所定の値を超えるか若しくは頻繁に変動する車載局が信号の送受信を行わないように、信号を送受信する車載局を切り換える車載局制御部とを含む、請求項26に記載の移動体通信システム。

【請求項29】 前記車載局制御部は、信号を送受信する車載局を頻繁に切り換えないように、所定の時間内の切り換えを行わないことを特徴とする、請求項28に記載の移動体通信システム。

【請求項30】 通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、前記区域外近傍に配置されて前記伝送線路に接続される交換局と、前記区域内を前記伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるように、前記移動体内に設けられて、前記無線携帯端末からの信号を受信し、前記無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と各前記前進局との通信を中継するための車載局であって、各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局への信号を送信するための車載アンテナを含み、前記車載アンテナの指向性パターンは、前記移動体が各前記前進局に接近するにつれて、当該前進局が存在している方向に対して感度が弱くなるように選ばれることを特徴とする、車載局。

【請求項31】 通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、前記区域外近傍に配置されて前記伝送線路に接続される交換局と、前記区域内を前記伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるよう、前記移動体内に設けられて、前記無線携帯端末からの信号を受信し、前記無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と各前記前進局との通信を中継するための車載局であって

て、  
前記移動体の進行方向に対して当該移動体の前部および後部に1つずつ設けられて、他方の車載局および複数の前記車載局と車内伝送路を介して接続されており、各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局への信号を送信するための車載アンテナと、  
前記車載アンテナにおいて受信される信号の電力を計測する受信レベル測定部と、

前記受信レベル測定部が測定した受信電力に基づいて、より受信電力が大きい車載アンテナを有する車載局が信号の送受信を行うように、また、受信電力が所定の値を超え、若しくは受信電力の頻繁な変動が発生した車載局が信号の送受信を行わないように、信号を送受信する車載局を切り換える車載局制御部とを含む、車載局。

【請求項32】 前記車載局制御部は、信号を送受信する車載局を頻繁に切り換ええないように、所定の時間内の切り換えを行わないことを特徴とする、請求項31に記載の車載局。

【請求項33】 通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、前記区域外近傍に配置されて前記伝送線路に接続される交換局と、前記区域内を前記伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるよう、前記移動体内に設けられて各前記前進局からの信号を受信し、各前記前進局への信号を送信する車載局との通信を中継するための車内局であって、

複数の車載局が設けられ、前記車載局および他の前記車内局と車内伝送路を介して接続されており、

前記無線携帯端末からの信号を受信し、前記無線携帯端末への信号を送信するための車内アンテナと、

前記車内アンテナから前記無線携帯端末へ送信される信号のレベルを、前記無線携帯端末が受信するのに適切なレベルに調整するための送信レベル調整器と、

前記車内アンテナを介して前記無線携帯端末から受信される信号のレベルを、前記車載局が受信するのに適切なレベルに調整するための受信レベル調整器と、

前記車内伝送路に接続されて、前記無線携帯端末へ送信される信号を分岐させて前記送信レベル調整器へ出力し、前記無線携帯端末から受信された信号を前記受信レベル調整器から入力されて前記車内伝送路へ出力する電力分配器とを備える、車内局。

【請求項34】 前記送信レベル調整器および前記受信レベル調整器には、減衰器が用いられることを特徴とする、請求項33に記載の車内局。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、バス型光伝送システムに関し、より特定的には、基地局と基地局から離れた場所に設置されるアンテナ局との間を接続する光伝送システムに関し、さらに特定的には、鉄道トンネル等の

通常では電波が到達しない不感帯を解消する光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、列車内において使用される携帯電話の通話を間断なく保証したいとする。この場合には、トンネルや山間部のような場所を列車が通過する際に、電波が基地局に届かない状態を解消する必要がある。

【0003】このような電波が到達しない不感帯を解消する方法としては、真田他、「無線基地局用光伝送装置」National Technical Report Vol. 39 No. 4 (Aug. 1993)に記載されているような方式がある。これを第1の従来例として、図6に示す。

【0004】この方式では、まず、基地局601と各アンテナ6050～605nとが分離される。そして、アンテナ6050～605nを主たる構成要素とする簡素なアンテナ局6040～604nが設けられる。各アンテナ局6040～604nは、電波が到達しない不感帯、例えばトンネル602内に配置される。そして、基地局601と各アンテナ局6040～604nとの間は、それぞれ、光ファイバ6030～603nを介して双方向通信可能に接続される。従って、携帯電話端末606は、アンテナ局6040～604nを介して、基地局601と通信することができる。このように、第1の従来例では、各アンテナ局6040～604nと基地局601との間は、それぞれが1本の光ファイバで結ばれていることになる。

【0005】これに対し、複数の装置が一つの共通な情報通信用の信号母線を使用して接続される構成、すなわち、バス型に接続される構成をとる従来例もある。特開平10-215223号公報には、このバス型に構成された、前述と同様の用途の光伝送システムが記載されている。これを第2の従来例とする。

【0006】ここでは、ファブリペローレーザを用いている。しかし、現状におけるファブリペローレーザの出力光電力を考えれば、多くの光合波器を含んだ長距離の伝送は不可能であると思われる。この第2の従来例において記載されている伝送距離のデータも、全て2kmのものである。

【0007】また、特開平8-191478号公報には、バス型に相当する伝送路による無線信号の伝送方式が記載されている。これを第3の従来例とする。

【0008】この方式では、伝送路上では光信号が伝送される。しかし、アンテナ局に相当する各局では伝送されてきた光信号がいったん電気信号に変換される。そして、その電気信号と、アンテナで受信した信号とを電気信号の状態で合波する。しかる後、この電気信号が再び光信号に変換されて次のアンテナ局へ伝送される。第3の従来例は、以上のことを繰り返して行うものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】前述のように、列車内において使用される携帯電話の通話を間断なく保証しようとする場合には、トンネルや山間部のような場所を列車が通過する際に、電波が基地局に届かない状態を解消する必要がある。そして、その解決方法として、各従来例で述べたような光伝送システムが有望である。

【0010】しかし、例えば、第1の従来例に示されるシステムの場合には、各アンテナ局の数と同じ本数だけ光ファイバを敷設する必要がある。そのため、光ファイバの敷設規模や敷設コストが大きくなる問題点がある。また、さらに各アンテナ局の数と同数だけ光受信器を設ける必要がある。これは、トンネル等の非常に限られた空間に設置する装置としては、その形状を極力小型化することが望ましいにもかかわらず、装置の構成が複雑化し、コストが上昇するという問題点がある。

【0011】これに対して、第2の従来例に示されるようなバス型伝送システムは、伝送路の構成が簡略化されるため有望である。しかしながら、列車トンネルは、長い場合には数十kmに及ぶ。このような場合にバス型の光伝送路を用いるとすれば、長い距離を伝送した場合の損失をカバーするために、光送信器の光源には大きな出力光電力が要求される。しかし、第2の従来例に示されたようなファブリペローレーザでは、数十kmに及ぶ距離を伝送するのに十分な出力光電力を得ることが困難である。

【0012】さらに、伝送路上には多くの光合成器・光分岐器が接続されるため、これらの損失が累積されることになる。したがって、多くのアンテナ局をバス型に接続するためには、光合成器・光分岐器の損失を含む光伝送路の損失を最小限に抑える必要がある。しかし、その対策について本従来例は何ら示していない。

【0013】一方、第2の従来例では、光伝送路上で伝送される光信号は、複数の光合成器からの光信号を合成した信号となる。そのため、これらの光信号が互いに干渉しあってビート雑音を生じるおそれがある。これを回避するためには、各光合成器に接続される光送信器の光波長を、一定値以上ずらす必要がある。第2の従来例では、発光波長の異なるレーザ素子を多数準備することにより、このような要請に対処していた。しかしながら、このような構成によれば、システム全体の生産コストが高くなる。そこで、何らかの手段により、レーザ素子の出力光の波長を制御することが望まれる。

【0014】一般に、分布帰還方式を用いたDFB (distributed feed-back) レーザの出力光の波長は、発光素子の温度により変化することが知られている。従って、発光素子の温度を制御することにより、出力光の波長を制御することは可能である。しかし、DFBレーザの温度を制御するために一般的に用いられるペルチェ素子では、周囲温度に対して増減でき

る設定温度の範囲に限界がある。一方、実際にバス型の光伝送路に接続される光送信器は、野外での使用を前提としている。そのため、光送信器の周囲温度は、設置場所、季節、天候等により大きな変動が見込まれる。したがって、ペルチェ素子の温度制御範囲では、外周温度の変動に対して、常に一定の温度を維持することが不可能な場合も考えられる。

【0015】例えば、素子の設定温度を50℃とした場合、光送信器が寒冷地に設置されていれば、真冬時の周囲温度として-20℃が見込まれる場合も考えられる。このような場合には、ペルチェ素子により約70℃の制御が必要となる。しかし、現状のDFBレーザ内のペルチェ素子によって、このような大きな温度差の制御を行うことは困難である。

【0016】第3の従来例でもバス型の光伝送路を用いている。もっともこれは、前述のように、各アンテナ局において、それより前のアンテナ局からの光信号をいったん電気信号に変換し、その電気信号と自局のアンテナで受信された信号とを電気信号の状態で合波するものである。このため、アンテナ局は、光受信機能と、増幅機能と、アンテナからの電気信号増幅機能と、光送信機能とを備えている必要があり、必然的に装置の構成が大きくなる。これは、スペースが制約される場所への設置にとっては大きな問題である。また、コストが上昇するという問題点もある。

【0017】一方、鉄道トンネルは、建設コストを節約するため、列車の通過に必要不可欠な内径しか確保されていないのが通常である。したがって、列車の側面とトンネルの壁面との間隔は非常に狭くなっている。このような狭い空間に電波を放出した場合、アンテナの放射パターンが良好に形成されないことが考えられる。また、列車トンネル内では、送電線の配置等の関係から、アンテナの設置場所は自ずと制約される。その設置場所として、一般的にじゃ、アンテナをトンネル壁面へ設置することが考えられる。しかし、トンネル壁面に設置されたアンテナと列車内の無線携帯端末との通信において、自由空間での電波伝搬と比較して、前記のような非常に狭い空間を電波が伝搬する場合には、列車内へ伝搬する無線信号が弱くなることが考えられる。

【0018】さらに、アンテナが設置されるトンネル壁面と列車との間隔が狭いために、移動体内の無線携帯端末および移動体自体が受信する信号のダイナミックレンジと、移動体内の無線携帯端末および移動体自体から送信される信号がトンネル壁面のアンテナにおいて受信される信号のダイナミックレンジとがそれぞれ非常に大きく変動することになる。したがって、これらの受信信号のダイナミックレンジを圧縮することが望まれる。

【0019】特に、トンネル壁面のアンテナの直前を移動体側のアンテナが横切る場合には、極端に受信電力が大きくなる。このような大きな電力の信号を受信するに

は、大きな電力に対応するための特別な機能を受信機側に具備しなければならなくなる。しかし、列車内における通信のためだけに、無線携帯端末に対してこのような特別な機能を備えさせることは極めて不経済である。

【0020】したがって、極端に電力が大きくなることを避けるためには、トンネル壁面のアンテナの送信電力および受信電力を制限することが現実的である。しかし、その結果、上記電力の制限を補完するために、トンネル壁面に設置するアンテナの間隔を狭め、より多くのアンテナを設置する必要がある。

【0021】そこで、本発明の目的は、バス型の光伝送路を用いながら、アンテナ局をより多く接続でき、伝送距離をより長くすることができるバス型光伝送システムおよび移動体通信システム並びに当該システムに用いられる装置を提供することである。さらに、本発明の目的は、受信信号のダイナミックレンジを圧縮することができるバス型光伝送システムおよび移動体通信システム並びに当該システムに用いられる装置を提供することである。

【0022】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明は、通常では電波の届かない区域に存在する無線携帯端末が区域外近傍に配置された交換局と通信を行えるようにするためのバス型光伝送システムであって、その一端が交換局に接続され、区域内に延設された光伝送線路と、区域内に所定の間隔をあけて配置され、無線携帯端末との間で通信のための中継処理を行う複数の前進局と、各前進局毎に設けられ、光伝送線路に対して各前進局をバス型に接続する複数の接続手段とを備え、各接続手段で生じる損失が、各前進局と交換局との間で生じる損失をほぼ均一にするような値に選ばれていることを特徴としている。

【0023】第1の発明は、例えば、携帯電話端末からの信号を交換局から離れた場所に設置される前進局を介して交換局へ伝送する場合に用いる。第1の発明によれば、バス型の光伝送線路において、光伝送線路に複数の光接続手段を介挿する。

【0024】そして、各前記接続手段で生じる損失が、各前進局と交換局との間で生じる損失をほぼ均一にするような値に選ばれているようにする。そうすれば、各前進局が送信する光信号の受ける損失値は一定となり、また、各前進局が受信する光信号の受ける損失値も一定になるので、光信号のレベルが揃うことになる。

【0025】以上により、各前進局からの光信号がレベルのばらつきを含んでいても、交換局において受光される光信号のレベルの差異は解消されることになる。したがって、レベルの異なる2つの光信号の干渉によるビート雑音の影響を低減することができる。

【0026】また、それぞれの前進局の光受信器は、同じ仕様のものを使用することが可能となる。したがっ

て、光伝送線路を構成する部品点数の削減、それに伴う価格の低減、および故障時における交換の容易性を図ることが可能となる。

【0027】第2の発明は、第1の発明におけるバス型光伝送システムであって、各前進局は、無線携帯端末から交換局に向かう上り方向の通信を中継するための第1のアンテナ局と、交換局から無線携帯端末に向かう下り方向の通信を中継するための第2のアンテナ局とを含み、接続手段は、光伝送線路との接続地点において、伝送方向後方の前進局から伝送されてくる上り方向の光信号に対して、対応する前進局内の第1のアンテナ局から出力される第1の光信号を合成する光合成器と、光伝送線路との接続地点において、伝送方向後方の前進局から伝送されてくる下り方向の光信号の一部を第2の光信号として分岐し、当該第2の光信号を対応する前進局内の第2のアンテナ局へ出力する光分岐器とを含み、光合成器において、上り方向の光信号に対して第1の光信号を合成する第1の比率は、当該光合成器の位置が交換局に近くなるほど、より小さな値に選ばれており、光分岐器において、下り方向の光信号から第2の光信号を分岐させる第2の比率は、当該光分岐器の位置が交換局に近くなるほど、より小さな値に選ばれていることを特徴としている。

【0028】第2の発明は、光合成器の第1の比率ないし光分岐器の第2の比率は交換局に近くなるほど小さくなるように選択される。したがって、或る光送信器に接続される光合成器によって合成後の、当該光送信器からの光信号レベルは、交換局に近くなるほど小さくなる。また、或る接続手段以遠からの光信号が当該接続手段を通過する際の損失は、交換局に近くなるほど小さくなる。よって、光伝送線路上での合成後の各光送信器からの各光信号のレベル差は小さくなり、理想的にはレベル差はなくなる。

【0029】同様に、光分岐器の第2の比率を交換局に近いほど小さくなるように選択する。そうすれば、接続手段で分岐されて前進局で受信される光信号のレベルは、交換局に近いほど小さくなる。よって、各前進局の受信する光信号のレベル差は小さくなり、理想的にはレベル差はなくなる。

【0030】以上により、各光送信器からの光信号がレベルのばらつきを含んでいても、交換局において受光される光信号のレベルの差異は低減されることになる。したがって、レベルの異なる2つの光信号の干渉によるビート雑音の影響を低減することができる。

【0031】また、それぞれの前進局の光受信器は、同じ仕様のものを使用することが可能となる。したがって、光伝送線路を構成する部品点数の削減、それに伴う価格の低減、および故障時における交換の容易性を図ることが可能となる。

【0032】第3の発明は、第2の発明におけるバス型



光伝送システムであって、交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局は、接続手段を介することなく、光伝送線路の終端と直接的に接続されており、接続手段の設置総数を $n$ 個（ただし $n$ は任意の自然数）とし、隣り合う前進局間の光伝送線路を伝送される光信号の減衰量を $b$ （光電力が $b$ 倍になる）とすると、交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha + 1$ 番目（ただし $\alpha$ は1から $n$ までの任意の整数）に配置される前進局に対して設けられる接続手段に含まれる光合成器の第1の比率および光分岐器の第2の比率は、それぞれ次式（A）

【数3】

$$\frac{b^\alpha}{\sum_{\beta=0}^{\alpha-1} b^\beta} \dots (A)$$

で与えられる値に選ばれていることを特徴とする。

【0033】第3の発明によれば、前進局の設置間隔が均一であって、その伝送損失も均一である場合に、第2の発明にあげられる伝送損失が最小に近い理想状態となるような、接続手段に含まれる光合成器の合成比ないし分岐比を決定できる。

【0034】すなわち、交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha + 1$ 番目（ただし $\alpha$ は1から $n$ までの任意の整数）の接続手段における $\alpha + 1$ 番目の光送信器からの光信号の減衰量は、上式（A）によって与えられる。したがって、第1の比率を上式

（A）で与えられる値とすることにより、接続手段の減衰量はほぼ理想的な値となる。よって、交換局で受信される各前進局内の光送信器からの光信号電力をほぼ均一にすることが可能となる。

【0035】また、伝送損失を最小に近い理想状態とする接続手段の分岐比も同様にして決定できる。したがって、第2の比率を上式（A）で与えられる値とすることにより、接続手段の減衰量はほぼ理想的な値となる。よって、各前進局で受信される光信号電力をほぼ均一にすることが可能となる。

【0036】第4の発明は、第3の発明におけるバス型光伝送システムであって、隣り合う前進局間の伝送距離を $l$ とし、伝送される光信号が単位距離当たりに受ける光伝送線路の材質に基づく減衰量を $a$ （ただし、ここでは、光信号の電力が $a$ 倍に減衰することを意味するものとする）とし、伝送される光信号が単位距離当たりに受ける光伝送線路の材質以外の要因に基づく減衰量を $c$

（ただし、ここでは、光信号の電力が $c$ 倍に減衰することを意味するものとする）とすると、減衰量 $b$ は、次式（B）

$$b = a^l \cdot c \dots (B)$$

によって与えられることを特徴とする。

【0037】第4の発明によれば、各前進局間での信号

の損失は、光伝送線路、例えば光ファイバによる伝送損失と、接続手段を接続するための融着による損失と、接続手段における過剰損失とからなる。ここで、上式

（A）の $a$ および $c$ に適切な値を設定する。そうすれば、実際に $b$ を測定することなく最小の伝送損失を実現できる合成比ないし分岐比を決定することができる。

【0038】第5の発明は、第4の発明におけるバス型光伝送システムであって、式（B）におけるパラメータ $a$ は、0.891～0.933の間の値に選ばれており、式（B）におけるパラメータ $c$ は、0.741～0.912の間の値に選ばれていることを特徴とする。

【0039】第5の発明によれば、光伝送線路の伝送損失を0.3～0.5 dB/kmとし、これにより $a$ に0.891～0.933の間の適当な値を設定する。さらに、その他の損失として隣り合う前進局間における光ファイバの融着損失等を0.4～1.3 dBとし、これにより $c$ に0.741～0.912の間の適当な値を設定する。以上から、より正確に実際に $b$ を測定することなく最小の伝送損失を実現できる合成比ないし分岐比を決定することができる。

【0040】第6の発明は、第3の発明におけるバス型光伝送システムであって、交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha + 1$ 番目に配置される前進局に対して設けられる接続手段に含まれる光合成器の第1の比率および光分岐器の第2の比率は、予め定められた複数の所定の値の中から、式（A）で与えられる値に最も近い値を1つだけ選択した値に選ばれていることを特徴とする。

【0041】第6の発明によれば、接続手段に含まれる光合成器の合成比および光分岐器の分岐比をいくつかの所定の比に限定することで、接続手段の製造および入手を容易にすることができる。

【0042】第7の発明は、第6の発明におけるバス型光伝送システムであって、予め定められる複数の所定の値は、自然数 $i$ および $j$ （ただし $i > j$ でかつ $i + j = 20$ ）を組み合わせてなる $5j/5i$ の複数の値の集合から構成されていることを特徴とする。

【0043】第7の発明によれば、光合成器の第1の比率および光分岐器の第2の比率を $5j/5i$ （ただし、 $i$ と $j$ は自然数であり、 $i > j$ かつ $i + j = 20$ を満たすもの）、すなわち、接続手段に含まれる光合成器の合成比および光分岐器の分岐比を $5i:5j$ に限定することになる。したがって、接続手段の製造および入手を容易にすることができる。

【0044】また、合成比ないし分岐比として95:5以下が得られた場合、第1および第2のアンテナ局に対して入出力される光信号の減衰量は、理想的には非常に小さな値となる。しかし、接続手段に含まれる光合成器と光分岐器には過剰損失があるので、上のように小さな値を実現することは事実上不可能である。そこで、理想

的な第1の比率および第2の比率として5/95以下が得られた場合には、最も近い値である5/95、すなわち、合成比ないし分岐比を95:5とすることになる。よって、接続手段の入手が容易になるだけでなく、光伝送線路内の接続手段の種類を低減することが可能となる。

【0045】第8の発明は、第2の発明におけるバス型光伝送システムであって、第1のアンテナ局は、無線携帯端末からの無線信号を下り方向の光信号に変換する光送信器を含み、当該光送信器の光源には、DFBレーザが用いられていることを特徴とする。

【0046】光送信器の光源としてDFBレーザを用いることにより、光送信器は、大きな送信光電力を得ることができる。そのことにより、長距離の伝送が可能となるだけでなく、光伝送線路内に接続可能な接続手段の数を増やすことができる。

【0047】第9の発明は、第8の発明におけるバス型光伝送システムであって、DFBレーザの光波長は、1.3μm帯に選ばれていることを特徴とする。

【0048】現在、最も多く敷設されている光ファイバは、1.3μm帯ゼロ分散シングルモードファイバである。そこで、光源の波長を1.3μm帯とすることにより、既設の光ファイバを光伝送線路として利用することが容易になる。

【0049】第10の発明は、第8の発明におけるバス型光伝送システムであって、DFBレーザは、当該内部の温度を任意の値に設定することを可能にする温度設定機能を含み、第1のアンテナ局は、DFBレーザの周囲温度を常に所定の温度に保つように制御するための恒温手段をさらに含む。

【0050】第10の発明は、DFBレーザの周囲温度を常温に設定した上で、さらに、DFBレーザ内の温度制御機能によりレーザの波長を制御する。したがって、設置場所の気候、季節等による温度変動があっても、出力光信号の波長が所定の波長になるよう、一定に制御することが可能となる。

【0051】第11の発明は、第10の発明におけるバス型光伝送システムであって、DFBレーザの内部温度は、当該DFBレーザが交換局により近い位置に設けられているほど、より高い温度に保たれるように制御されていることを特徴とする。

【0052】交換局に近い側の接続手段における光合成においては、理想的な合成比率よりも、合成比率が大きくなることもある。この場合、接続手段において新たに合成される光送信器からの光信号の減衰量は小さくなる。一方、DFBレーザの温度を高く設定した場合には、光送信器の出力レベルが低減する。このことを利用して、交換局により近い側の接続手段に対して、温度をより高く設定したDFBレーザを接続する。そうすれば、接続手段において新たに合成される光送信器からの

光信号の減衰量が小さくなることを、光送信器の出力レベルを低減させることによって相殺することができる。したがって、交換局で受信される各光送信器からの光信号を、ほぼ同等の光レベルに揃えることが可能になる。

【0053】第12の発明は、第2の発明におけるバス型光伝送システムであって、交換局は、外部からの信号を下り方向の光信号に変換する光送信器を含み、当該光送信器の光源には、DFBレーザが用いられていることを特徴とする。

【0054】光源としてDFBレーザを用いることにより、交換局内の光送信器において、大きな送信光電力が得られる。よって、長距離の伝送が可能となるだけでなく、光伝送線路内に接続可能な接続手段の数を増やすことにも寄与する。

【0055】第13の発明は、第12の発明におけるバス型光伝送システムであって、DFBレーザの光波長は、1.3μm帯に選ばれていることを特徴とする。

【0056】光送信器の光源の波長を1.3μm帯とすることにより、第9の発明と同様に、最も多く敷設されている1.3μm帯ゼロ分散シングルモードファイバを光伝送線路として利用することが容易になる。

【0057】第14の発明は、第2の発明におけるバス型光伝送システムであって、接続手段に含まれる光合成器および光分岐器は、それぞれ光伝送線路に対して融着接続されることを特徴とする。

【0058】第14の発明では、例えば、既に光伝送線路が敷設されており、当該光伝送線路に接続手段を取り付けることを想定することができる。このとき、光伝送線路へ直接接続手段を融着接続する。この構成により、光伝送線路に各前進局が接続されるために生じる損失量を最小限にすることができる。

【0059】第15の発明は、第2の発明におけるバス型光伝送システムであって、各前進局は、接続手段に含まれる光合成器と対応する第1のアンテナ局とを接続するための第1の光コネクタと、接続手段に含まれる光分岐器と対応する第2のアンテナ局とを接続するための第2の光コネクタとをさらに含む。

【0060】第15の発明では、第14の発明と同様に、既に光伝送線路が敷設されており、当該光伝送線路に接続手段を取り付けることを想定することができる。このとき、各接続手段は、光コネクタを介して光送信器ないし光受信器に接続されるように構成する。この構成により、前進局内の光送信器や光受信器の故障等が発生した場合の交換を容易にすることができる。

【0061】第16の発明は、第2の発明におけるバス型光伝送システムであって、第1のアンテナ局は、無線携帯端末からの無線信号を下り方向の光信号に変換する光送信器と、当該光送信器から出力される光信号を減衰させる第1の光減衰器とを含み、第2のアンテナ局は、光伝送線路からの上り方向の光信号を無線携帯端末へ送



信するための電気信号に変換する光受信器と、当該光受信器に入力される光信号を減衰させる第2の光減衰器とを含む。

【0062】第16の発明では、交換局で受信される各光送信器からの光信号は、光減衰器によって、各光送信器の光信号電力にばらつきがあっても、ほぼ同等の電力となる。したがって、光信号の波長間隔を狭めることができ、効率的に光信号を多重することが可能となる。また、各前進局で受信される光電力をほぼ同等の電力とすることができる。したがって、各前進局内にある光受信器の仕様を統一化し、部品点数を削減できる。

【0063】第17の発明は、第2の発明におけるバス型光伝送システムであって、各前進局に対応して設けられ、交換局との通信を行う無線携帯端末を搭載する移動体が直前を通過していることを検出する移動体検出部をさらに備え、各前進局は、対応する移動体検出部が移動体の通過を検出した場合に、当該前進局における信号の送受信を行わないように制御する前進局制御部をさらに含む。

【0064】第17の発明では、移動体内の無線携帯端末は、移動体内の車内局を介して前進局との通信を行う。また、前進局からも直接同じ信号の送受信が行われる場合がある。特に、前進局の直前を移動体が通過しており、さらに、移動体内の無線携帯端末が、前進局の直前の位置関係にある場合には、前進局と無線携帯端末との距離が非常に近くなる。この瞬間には、前進局と無線携帯端末との間で大電力の信号の送受信が行われることになる。

【0065】この瞬間においては、前進局と無線携帯端末とにおいて非常に大電力の信号の受信が行われ、移動体内の車内局を介する信号の送受信よりも大きな電力となることも考えられる。その結果として、無線携帯端末および前進局における受信レベルに大きな変動が現れる。このような大きな受信レベルの変動は、当該装置において使用される増幅器へ大きな負担を強いることになる。

【0066】したがって、移動体が前進基地局の真横を通過中であることを検出し、該当する前進基地局からの送受信を停止することによって、このような大きな受信レベルの変動を回避することが可能となる。また、前進基地局の送受信の停止は、消費電力の低減にも貢献する。

【0067】第18の発明は、第2の発明におけるバス型光伝送システムであって、無線携帯端末は、前述の区域内を通過する移動体に搭載されており、移動体は、交換局と無線携帯端末との通信を中継するために、無線携帯端末からの信号を受信し、無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と、交換局と無線携帯端末との通信を中継するために、複数の車内局および各前進局からの信号を受信し、各前進局および複数の車内局への信号を

送信する1つ以上の車載局と、複数の車内局と車載局とをそれぞれ接続して互いの信号を伝送するための車内伝送路とを含み、上り方向の通信においては、無線携帯端末から送信された信号が車内局のいずれかにおいて受信され、車内伝送路を介して、車載局から各前進局へ送信され、下り方向の通信においては、各前進局から送信された信号が車載局において受信され、車内伝送路を介して、車内局から無線携帯端末へ送信されることを特徴とする。

【0068】第18の発明では、トンネル内において電波伝搬空間が狭く制約されて、前記の移動体内へ届く電波のレベルが減少するような特性を呈する場合であっても、車載局を移動体の前面部および後面部に配置すれば、移動体の前面および後面に広がる空間を利用して信号を送受信することができる。したがって、前進局との通信を車載局において行い、さらに車載局は、移動体内に設けられた車内局を介して、無線携帯端末と通信することによって、受信信号レベルの向上および受信信号のダイナミックレベルの圧縮を実現することができる。

【0069】第19の発明は、第18の発明におけるバス型光伝送システムであって、車載局は、各前進局からの信号を受信し、各前進局への信号を送信するための車載アンテナを含み、車載アンテナの指向性パターンは、移動体が各前進局に接近するにつれて、当該前進局が存在している方向に対して感度が弱くなるように選ばれることを特徴とする。

【0070】第19の発明では、移動体において設置される車載アンテナのアンテナパターンを真横からの信号の受信感度を低減するような形状にする。典型的には、移動体の進行方向を中心とする扇形ないしペンシル型にする。そうすれば、壁面に設置されたアンテナと移動体に設置された車載アンテナとの距離が極端に接近するのは、壁面に設置されるアンテナが移動体に設置されるアンテナの真横になる場合であるから、アンテナパターンの効果によって受信信号のダイナミックレンジを抑圧することが可能となる。

【0071】第20の発明は、第18の発明におけるバス型光伝送システムであって、車載局は、移動体の進行方向に対して当該移動体の前部および後部に1つずつ設けられ、各前進局からの信号を受信し、各前進局への信号を送信するための車載アンテナと、車載アンテナにおいて受信される信号の電力を計測する受信レベル測定部と、受信レベル測定部が測定した受信電力に基づいて、より受信電力が大きい方の車載局が信号の送受信を行うように、また、受信電力が所定の値を超えるか若しくは頻繁に変動する車載局が信号の送受信を行わないように、信号を送受信する車載局を切り換える車載局制御部とを含む。

【0072】第20の発明では、移動体前後に設けられた車載アンテナにおいて受信される信号を用いて、車載

局での受信レベルを測定し、非常に大きな受信レベルになった場合には、当該車載局からの送受信を停止する。このことによって、車載局および前進局での受信ダイナミックレンジを低減することができる。また、移動体前後において設置される車載局で受信される信号のドップラーは、互いに逆の周波数にずれているので、これを単純に電力加算しても、かならずしも受信性能の向上に寄与するとは限らず、逆に劣化させる可能性がある。したがって、受信アンテナを切り替えることによって、受信性能を向上することができる。

【0073】第21の発明は、第20の発明におけるバス型光伝送システムであって、車載局制御部は、信号を送受信する車載局を頻繁に切り換えないように、所定の時間内の切り換えを行わないことを特徴とする。

【0074】第21の発明では、両車載局において受信された信号が同レベルの信号であった場合には、車載局の切り替えが頻繁に生じることが考えられるが、所定の時間内に車載局の切り替えが行われず、切り替えが頻繁に生じないように、車載局の切り替えに時間的なヒステリシスを持たせるようにする。そうすれば、切り替えによって急激に発生する非常に大きなドップラーシフトを生じさせないようにすることができる。

【0075】第22の発明は、第18の発明におけるバス型光伝送システムであって、交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局は、接続手段を介することなく、光伝送線路の終端と直接的に接続されており、接続手段の設置総数を $n$ 個（ただし $n$ は任意の自然数）とし、隣り合う前進局間の光伝送線路を伝送される光信号の減衰量を $b$ （光電力が $b$ 倍になる）とすると、交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha+1$ 番目（ただし $\alpha$ は1から $n$ までの任意の整数）に配置される前進局に対して設けられる接続手段に含まれる光合成器の第1の比率および光分岐器の第2の比率は、それぞれ次式（C）

【数4】

$$\frac{b^\alpha}{\sum_{\beta=0}^{\alpha-1} b^\beta} \dots (C)$$

で与えられる値に選ばれていることを特徴とする。

【0076】第22の発明では、前進局の設置間隔が均一であって、その伝送損失も均一である場合に、第2の発明にあげられる伝送損失が最小に近い理想状態となるような、接続手段に含まれる光合成器の合成比ないし分岐比を決定できる。

【0077】すなわち、交換局から見て最も離れた位置に配置された前進局から数えて $\alpha+1$ 番目（ただし $\alpha$ は1から $n$ までの任意の整数）の接続手段における $\alpha+1$ 番目の光送信器からの光信号の減衰量は、上式（C）によって与えられる。したがって、第1の比率を上式

（C）で与えられる値とすることにより、接続手段の減衰量はほぼ理想的な値となる。よって、交換局で受信される各前進局内の光送信器からの光信号電力をほぼ均一にすることが可能となる。

【0078】また、伝送損失を最小に近い理想状態とする接続手段の分岐比も同様にして決定できる。したがって、第2の比率を上式（C）で与えられる値とすることにより、接続手段の減衰量はほぼ理想的な値となる。よって、各前進局で受信される光信号電力をほぼ均一にすることが可能となる。

【0079】第23の発明は、第18の発明におけるバス型光伝送システムであって、接続手段に含まれる光合成器および光分岐器は、それぞれ光伝送線路に対して融着接続されることを特徴とする。

【0080】第23の発明では、例えば、既に光伝送線路が敷設されており、当該光伝送線路に接続手段を取り付けることを想定することができる。このとき、光伝送線路へ直接接続手段を融着接続する。この構成により、光伝送線路に各前進局が接続されるために生じる損失量を最小限にすることができる。

【0081】第24の発明は、第18の発明におけるバス型光伝送システムであって、各前進局は、接続手段に含まれる光合成器と対応する第1のアンテナ局とを接続するための第1の光コネクタと、接続手段に含まれる光分岐器と対応する第2のアンテナ局とを接続するための第2の光コネクタとをさらに含む。

【0082】第24の発明では、既に光伝送線路が敷設されており、当該光伝送線路に接続手段を取り付けることを想定することができる。このとき、各接続手段は、光コネクタを介して光送信器ないし光受信器に接続されるように構成する。この構成により、前進局内の光送信器や光受信器の故障等が発生した場合の交換を容易にすることができる。

【0083】第25の発明は、第18の発明におけるバス型光伝送システムであって、第1のアンテナ局は、無線携帯端末からの無線信号を下り方向の光信号に変換する光送信器と、当該光送信器から出力される光信号を減衰させる第1の光減衰器とを含み、第2のアンテナ局は、光伝送線路からの上り方向の光信号を無線携帯端末へ送信するための電気信号に変換する光受信器と、当該光受信器に入力される光信号を減衰させる第2の光減衰器とを含む。

【0084】第25の発明では、交換局で受信される各光送信器からの光信号は、光減衰器によって、各光送信器の光信号電力にばらつきがあっても、ほぼ同等の電力となる。したがって、光信号の波長間隔を狭めることができ、効率的に光信号を多重することが可能となる。また、各前進局で受信される光電力をほぼ同等の電力とすることができる。したがって、各前進局内にある光受信器の仕様を統一化し、部品点数を削減できる。

【0085】第26の発明は、通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、区域外近傍に配置されて伝送線路に接続される交換局と、前述の区域内を伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるようにするための移動体通信システムであって、交換局と無線携帯端末との通信を中継するために、無線携帯端末からの信号を受信し、無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と、交換局と無線携帯端末との通信を中継するために、複数の車内局および各前進局からの信号を受信し、各前進局および複数の車内局への信号を送信する1つ以上の車載局と、複数の車内局と車載局とをそれぞれ接続して互いの信号を伝送するための車内伝送路とを備え、無線携帯端末から交換局に向かう上り方向の通信においては、無線携帯端末から送信された信号が車内局のいずれかにおいて受信され、車内伝送路を介して、車載局から各前進局へ送信され、交換局から無線携帯端末に向かう下り方向の通信においては、各前進局から送信された信号が車載局において受信され、車内伝送路を介して、車内局から無線携帯端末へ送信されることを特徴とする。

【0086】第26の発明では、トンネル内において電波伝搬空間が狭く制約されて、前記の移動体内へ届く電波のレベルが減少するような特性を呈する場合であっても、車載局を移動体の前面部および後面部に配置すれば、移動体の前面および後面に広がる空間を利用して信号を送受信することができる。したがって、前進局との通信を車載局において行い、さらに車載局は、移動体内に設けられた車内局を介して、無線携帯端末と通信することによって、受信信号レベルの向上および受信信号のダイナミックレベルの圧縮を実現することができる。

【0087】第27の発明は、第26の発明におけるバス型光伝送システムであって、車載局は、各前進局からの信号を受信し、各前進局への信号を送信するための車載アンテナを含み、車載アンテナの指向性パターンは、移動体が各前進局に接近するにつれて、当該前進局が存在している方向に対して感度が弱くなるように選ばれることを特徴とする。

【0088】第27の発明では、移動体において設置される車載アンテナのアンテナパターンを真横からの信号の受信感度を低減するような形状にする。典型的には、移動体の進行方向を中心とする扇形ないしペンシル型にする。そうすれば、壁面に設置されたアンテナと移動体に設置された車載アンテナとの距離が極端に接近するのは、壁面に設置されるアンテナが移動体に設置されるアンテナの真横になる場合であるから、アンテナパターンの効果によって受信信号のダイナミックレンジを抑圧することが可能となる。

【0089】第28の発明は、第26の発明におけるバス型光伝送システムであって、車載局は、移動体の進行

方向に対して当該移動体の前部および後部に1つずつ設けられ、各前進局からの信号を受信し、各前進局への信号を送信するための車載アンテナと、車載アンテナにおいて受信される信号の電力を計測する受信レベル測定部と、受信レベル測定部が測定した受信電力に基づいて、より受信電力が大きい方の車載局が信号の送受信を行うように、また、受信電力が所定の値を超えるか若しくは頻繁に変動する車載局が信号の送受信を行わないように、信号を送受信する車載局を切り換える車載局制御部とを含む。

【0090】第28の発明では、移動体前後に設けられた車載アンテナにおいて受信される信号を用いて、車載局での受信レベルを測定し、非常に大きな受信レベルになった場合には、当該車載局からの送受信を停止する。このことによって、車載局および前進局での受信ダイナミックレンジを低減することができる。また、移動体前後において設置される車載局で受信される信号のドップラーは、互いに逆の周波数にずれているので、これを単純に電力加算しても、かならずしも受信性能の向上に寄与するとは限らず、逆に劣化させる可能性がある。したがって、受信アンテナを切り替えることによって、受信性能を向上することができる。

【0091】第29の発明は、第28の発明におけるバス型光伝送システムであって、車載局制御部は、信号を送受信する車載局を頻繁に切り換えないように、所定の時間内の切り換えを行わないことを特徴とする。

【0092】第29の発明では、両車載局において受信された信号が同レベルの信号であった場合には、車載局の切り替えが頻繁に生じることが考えられるが、所定の時間内に車載局の切り替えが行われず、切り替えが頻繁に生じないように、車載局の切り替えに時間的なヒステリシスを持たせるようにする。そうすれば、切り替えによって急激に発生する非常に大きなドップラーシフトを生じさせないようにすることができる。

【0093】第30の発明は、通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、区域外近傍に配置されて伝送線路に接続される交換局と、前述の区域内を伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるように、移動体内に設けられて、無線携帯端末からの信号を受信し、無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と各前進局との通信を中継するための車載局であって、各前進局からの信号を受信し、各前進局への信号を送信するための車載アンテナを含み、車載アンテナの指向性パターンは、移動体が各前進局に接近するにつれて、当該前進局が存在している方向に対して感度が弱くなるように選ばれることを特徴とする。

【0094】第30の発明では、移動体において設置される車載アンテナのアンテナパターンを真横からの信号の受信感度を低減するような形状にする。典型的には、

移動体の進行方向を中心とする扇形ないしペンシル型にする。そうすれば、壁面に設置されたアンテナと移動体に設置された車載アンテナとの距離が極端に接近するのは、壁面に設置されるアンテナが移動体に設置されるアンテナの真横になる場合であるから、アンテナパターンの効果によって受信信号のダイナミックレンジを抑圧することが可能となる。

【0095】第31の発明は、通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、区域外近傍に配置されて伝送線路に接続される交換局と、前述の区域内を伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるよう、移動体内に設けられて、無線携帯端末からの信号を受信し、無線携帯端末への信号を送信する複数の車内局と各前進局との通信を中継するための車載局であって、移動体の進行方向に対して当該移動体の前部および後部に1つずつ設けられて、他方の車載局および複数の車載局と車内伝送路を介して接続されており、各前進局からの信号を受信し、各前進局への信号を送信するための車載アンテナと、車載アンテナにおいて受信される信号の電力を計測する受信レベル測定部と、受信レベル測定部が測定した受信電力に基づいて、より受信電力が大きい車載アンテナを有する車載局が信号の送受信を行うように、また、受信電力が所定の値を超え、若しくは受信電力の頻繁な変動が発生した車載局が信号の送受信を行わないように、信号を送受信する車載局を切り換える車載局制御部とを含む。

【0096】第31の発明では、移動体前後に設けられた車載アンテナにおいて受信される信号を用いて、車載局での受信レベルを測定し、非常に大きな受信レベルになった場合には、当該車載局からの送受信を停止する。このことによって、車載局および前進局での受信ダイナミックレンジを低減することができる。また、移動体前後において設置される車載局で受信される信号のドップラーは、互いに逆の周波数にずれているので、これを単純に電力加算しても、かならずしも受信性能の向上に寄与するとは限らず、逆に劣化させる可能性がある。したがって、受信アンテナを切り替えることによって、受信性能を向上することができる。

【0097】第32の発明は、第31の発明におけるバス型光伝送システムであって、車載局制御部は、信号を送受信する車載局を頻繁に切り換えないように、所定の時間内の切り換えを行わないことを特徴とする。

【0098】第32の発明では、両車載局において受信された信号が同レベルの信号であった場合には、車載局の切り替えが頻繁に生じることが考えられるが、所定の時間内に車載局の切り替えが行われず、切り替えが頻繁に生じないように、車載局の切り替えに時間的なヒステリシスを持たせるようにする。そうすれば、切り替えによって急激に発生する非常に大きなドップラーシフトを

生じさせないようにすることができる。

【0099】第33の発明は、通常では電波の届かない区域内に延設された伝送線路に接続される複数の前進局を介して、区域外近傍に配置されて伝送線路に接続される交換局と、前述の区域内を伝送線路に沿って移動する移動体内の無線携帯端末とが通信を行えるよう、移動体内に設けられて各前進局からの信号を受信し、各前進局への信号を送信する車載局との通信を中継するための車内局であって、複数の設けられ、車載局および他の車内局と車内伝送路を介して接続されており、無線携帯端末からの信号を受信し、無線携帯端末への信号を送信するための車内アンテナと、車内アンテナから無線携帯端末へ送信される信号のレベルを、無線携帯端末が受信するのに適切なレベルに調整するための送信レベル調整器と、車内アンテナを介して無線携帯端末から受信される信号のレベルを、車載局が受信するのに適切なレベルに調整するための受信レベル調整器と、車内伝送路に接続されて、無線携帯端末へ送信される信号を分岐させて送信レベル調整器へ出力し、無線携帯端末から受信された信号を受信レベル調整器から入力されて車内伝送路へ出力する電力分配器とを備える。

【0100】第33の発明では、トンネル内において電波伝搬空間が狭く制約されて、前記の移動体内へ届く電波のレベルが減少するような特性を呈する場合であっても、車載局を移動体の前面部および後面部に配置すれば、移動体の前面および後面に広がる空間を利用して信号を送受信することができる。したがって、前進局との通信を車載局において行い、さらに車載局は、移動体内に設けられた車内局を介して、無線携帯端末と通信することによって、受信信号レベルの向上および受信信号のダイナミックレンジの圧縮を実現することができる。

【0101】第34の発明は、第33の発明におけるバス型光伝送システムであって、送信レベル調整器および受信レベル調整器には、減衰器が用いられることを特徴とする。このように、減衰器を採用すれば、システムのコストを下げ、消費電力を小さくすることができる。

【0102】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図1において、交換局101には、上り通信用の光ファイバ（以下、第1の光ファイバと称す）103と、下り通信用の光ファイバ（以下、第2の光ファイバと称す）115とが接続される。これら第1および第2の光ファイバ103および115は、典型的には、トンネル内において、トンネルに沿って延びるように敷設される。交換局101内には、第1の光ファイバ103に関連して第1の光受信器110および第1の交換部111が設けられ、また、第2の光ファイバ115に関連して第2の光送信器114および第2の交換部122が設けられる。そして、第1および第2の光ファイバ103および11

5には、各前進局1230~123nが所定の間隔（好ましくは、一定の間隔）をあけてバス型に接続される。

【0103】図2は、本実施形態における前進局123k（kは、0からnまでの任意の整数）のより詳細な構成を示すブロック図である。図2において、前進局123k内には、第1および第2のアンテナ104kおよび120kと、第1および第2のアンテナ局102kおよび113kと、第1および第2の光コネクタ108kおよび117kと、光合成器109kと、光分岐器116kとが設けられる。ただし、前進局1230内では、光合成器および光分岐器が、構成上省略されている。もっとも、光合成器および光分岐器が、省略されないような構成を考えてもよい。

【0104】さらに、図1および図2を参照しながら、本実施形態の構成および動作を説明する。まず、第1の光ファイバ103には、各前進局1231~123n内の各光合成器1091~109nが所定の間隔（好ましくは、一定の間隔）をあけて介挿される。また、第2の光ファイバ115には、各前進局1231~123n内の各光分岐器1161~116nが、各光合成器1091~109nと対応する複数の位置に介挿される。

【0105】そして、各光合成器1091~109nには、対応する第1の光コネクタ1081~108nを介して、対応する第1のアンテナ局1021~102nが接続される。また、第1のアンテナ局1020は、第1の光コネクタ1080を介して、第1の光ファイバ103の終端と接続される。さらに、各第1のアンテナ局1020~102nには、対応する第1のアンテナ1040~104nがそれぞれ接続される。

【0106】各光分岐器1161~116nには、対応する第2の光コネクタ1171~117nを介して、対応する第2のアンテナ局1131~113nが接続される。また、第2のアンテナ局1130は、第2の光コネクタ1170を介して、第2の光ファイバ115の終端と接続される。さらに、各第2のアンテナ局1130~113nには、対応する第2のアンテナ1200~120nが接続される。

【0107】また、第1のアンテナ局102k内には、増幅器105kと第1の光送信器106kと第1の光減衰器107kとが設けられる。また、第2のアンテナ局113k内には、第2の光受信器119kと第2の光減衰器118kとが設けられる。

【0108】なお、各第2のアンテナ1200~120nは、対応する第1のアンテナ1040~104nと共用化することができる。さらに、各増幅器1050~105nについては構成によって省略してもよい。

【0109】そして、携帯電話端末100からの信号は、或る第1のアンテナ104kで受信される。第1のアンテナ104kで受信された信号は、増幅器105kによって増幅され、第1の光送信器106kによって光

信号に変換される。

【0110】当該光信号は、第1の光コネクタ108kを介して結合された光合成器109kによって、第1の光ファイバ103上の光信号と合成される。ただし、kが0である場合、光信号は合成されずに第1の光ファイバ103上へそのまま送出される。さらに、光信号は、第1の光ファイバ103上を伝送されて、第1の光受信器110で受信される。第1の光受信器110は、受信した光信号を電気信号に変換し、第1の交換部111に出力する。以上の動作が、本実施形態における上り方向の通信である。

【0111】また、携帯電話端末100へ伝送される信号は、外部通信網に接続される第2の交換部122から出力される。出力される信号は、それぞれ異なる搬送波周波数が割り当てられた同等レベルの信号を多重された信号である。第2の光送信器114は、当該多重された信号を光信号に変換する。当該光信号は、第2の光ファイバ115上を伝送され、或る光分岐器116kにより、所定の分岐比にしたがって分岐される。分岐された当該光信号は、第2の光コネクタ117kを介して、第2の光受信器119kにより受信される。ただし、kが0である場合、光信号は分岐されずに第2の光受信器1190により受信される。第2の光受信器119kは、受信した光信号を電気信号に変換した後、第2のアンテナ120kに給電する。第2のアンテナ120kは、受け取った電気信号をトンネル内に送信する。以上の動作が、本実施形態における下り方向の通信である。

【0112】このようにして、本実施形態では、前進局を介して、外部通信網に接続されている通信端末（図示せず）と、典型的にはトンネル内部に存在する携帯電話端末100との間で、双方向通信が可能となる。

【0113】しかし、以上のような双方向通信が可能な距離は、光送信器の出力光電力と、光伝送線路に存在する損失量とによって制限を受ける。ここで、光送信器の出力光電力を上げることができれば、伝送距離をのばし、また多くの前進局を接続することができる。しかし、光送信器の出力光電力は、ひずみを最小限に抑えるようとする限りは、或る一定の電力になる。その理由を以下に説明する。

【0114】例えば、列車内に複数の携帯電話端末が存在する場合、或る第1のアンテナ104kで受信される複数の携帯電話端末からの信号のレベルは、携帯電話端末の位置によってそれぞれ異なり、それぞれの信号の間には、大きなレベル差がある。この場合、第1の光送信器106kは、このようなレベル差を有する複数の信号を光信号に変換しなければならないが、このとき、大きなレベルの信号は、ひずみを受けないように変換され、同時に小さなレベルの信号も、雑音に埋もれないように変換される必要がある。

【0115】ところが、第1の光送信器106kは、内



蔵するDFBレーザ112kによって電気信号を光信号に変換する際に、入力される電気信号と出力される光信号との関係において完全な線形性を有するわけではない。そして、入力される電気信号と出力される光信号との関係が非線形であることに起因して、ひずみが発生する。したがって、DFBレーザ112kは、良好な線形性が求められる。特に、小さなレベルの信号は、例えば2つの大きなレベルの信号から発生する大きなレベルの相互変調ひずみによって、妨害を受ける。したがって、線形性が良好でないと、大きなレベル差を有する複数の信号をそのままの状態で光信号に変換することはできないことになる。

【0116】上記のように、本実施形態において、DFBレーザ112kには、良好な線形性が求められるが、一般的にDFBレーザがどのような条件の下で良好な線形性を示すのかを以下に考察することとする。

【0117】図3は、或る二つの異なるDFBレーザ#1および#2が有するひずみとバイアス電流との関係をあらわしたグラフである。当該グラフは、受光電力を0dBmとし、光変調度(OMI)を20%、28%、40%としたとき、小さなレベルの信号に対する妨害となる3次相互変調ひずみ(IM3)を縦軸に、入力されるバイアス電流を横軸にとる。

【0118】図3に示されるように、DFBレーザ#1および#2において発生するひずみの量は、バイアス電流値に対応している。そして、ひずみの少ない良好な線形性を示すバイアス電流レベルは、ある一定の範囲に限られている。

【0119】また、DFBレーザ#1および#2において、良好な線形性を示すバイアス電流レベルの範囲は、それほどの変動がない。そして、一般的に、良好な線形性を示すバイアス電流レベルの範囲は、個々のDFBレーザにおいてそれほどの変動を示さないといえる。したがって、全てのDFBレーザ1120~112nが良好な線形性を示すためには、ほぼ一定のバイアス電流を印加する必要がある。

【0120】一方、バイアス電流は、DFBレーザ112kの出力光電力をも決定する。ここで、DFBレーザ112kに良好な線形性を持たそうとすると、図3のグラフからはほぼ一定のバイアス電流を印加することになるため、DFBレーザ112kの出力光電力も、ほぼ一定の値になる。したがって、本実施形態では、ほぼ一定の出力光電力を有する各第1の光送信器1060~106nが、第1の光ファイバ103に対して接続されることになる。

【0121】このように、各第1の光送信器1060~106nの線形性を良好な状態に保とうとする限り、その出力光電力がほぼ一定に固定され、むやみに出力光電力を上げることはできない。そのため、光送信器の出力光電力を上げる方法によって、より遠くまで通信用の光

信号を伝送し、また多くの前進局を接続することを実現することは難しい。そこで、光送信器の出力光電力を上げるよりも、光伝送線路における損失量を小さくする方法によって、より遠くまで通信用の光信号を伝送し、また前進局の接続数を増加させる方法が望まれる。以下には、光伝送線路における損失量を小さくする必要性について、上り方向の通信と下り方向の通信とに分けてより詳細に考察することとする。

【0122】まず、上り方向の通信について考えてみる。第1の光ファイバ103には、複数の光合成器1091~109nが介挿されている。そのため、通信用の光信号は、その出力起点が交換局101から遠くなるにつれて、より多くの接続箇所を通過することになる。したがって、第1の光ファイバ103の伝送損および接続損の量は、伝送距離が長くなるほど増大し、それに応じて、光信号の減衰量も増大する。その結果、第1の光ファイバ103から第1の光受信器110へ入力される光信号は、各第1の光送信器1060~106nの出力光電力がほぼ等しいにもかかわらず、レベル差を生じる。

【0123】さらに、各光合成器1091~109nは、入力された2つの信号を合成比にしたがって合成する。したがって、合成された後の信号の損失量は、当該合成比によって決定される。そうすると、合成比も伝送損失などと同様、光信号の減衰量に大きな影響を与える。

【0124】ここで、各光合成器1091~109nの合成比が一定の値であるとする。そうすると、各第1の光送信器1060~106nから送出される光信号は、各光合成器1091~109nによって合成されるたびに、その合成比に従った一定量の損失を受けていくことになる。したがって、第1の光受信器110において受信される各第1の光送信器1060~106nからの光信号は、通過する光合成器の個数に違いがあることから、相互に大きなレベル差を生じる。

【0125】例えば、第1の光受信器110から最も遠い位置に設けられた第1の光送信器1060からの光信号は、各光合成器1091~109nの全ての累積された合成損と伝送損と接続損とによって、非常に大きく減衰される。したがって、第1の光受信器110から最も遠い位置に設けられた第1の光送信器1060からの光信号は、最も近い位置に設けられた第1の光送信器106nからの光信号に比べて、非常に小さなレベルとなる。

【0126】そして、第1の光受信器110において受信された光信号は、再び電気信号に変換された場合には雑音を伴うことになるが、当該雑音のレベルは、受信する光信号のレベルが小さくなれば、相対的に大きくなる。このため、第1の光受信器110において受信される各第1の光送信器1060~106nからの光信号のうち、小さなレベルの信号は、雑音の中に埋もれてしま

うことになる。したがって、小さなレベルの信号が雑音に埋もれてしまわないように、光伝送路における損失量は、最小限に抑えられる必要がある。

【0127】以上のような上り方向の通信の場合と同様に、下り方向の通信の場合も、第2の光送信器114から送出される光信号は、第2の光ファイバ115上を伝送されるので、その伝送距離に応じて減衰される。さらに、第2の光ファイバ115には、各光分岐器1161～116nが介挿される。そのため、当該光信号の伝送距離が長くなるほど多くの接続箇所を通過することになる。したがって、第2の光ファイバ115の伝送損および接続損の量は、伝送距離が長くなるほどに増大する。

【0128】また、各光分岐器1161～116nの分岐比は、分岐された後の信号の損失量を決定するので、その分岐比も光信号の減衰量に大きな影響を与える。このため、合成比の場合と同様、分岐比も一定の値であれば、第2の光送信器114から最も遠い位置に設けられた第2の光受信器1190で受光される光信号は、各光分岐器1161～116nの全ての分岐損の累積と伝送損と接続損とによって大きく減衰される。したがって、第2の光受信器1190において受光される光信号は、第2の光送信器114から最も近くに設けられた第2の光受信器119nにおいて受光される光信号に比べて、非常に小さなレベルとなる。

【0129】もっとも、下り方向における通信の場合には、上り方向における通信の場合とは異なり、それぞれの第2のアンテナ1200～120nから放射されるRF信号のレベルには、ほとんど差がない。しかし、各第2の光受信器1190～119nにおいて受光される光信号レベルが低下すれば、受光後の信号の雑音レベルが相対的に増大することは、上り方向における通信の場合と同様である。そして、第2のアンテナ1200～120nからRF信号と同時に放射される雑音のレベルは、電波法の規定による制約を受けるので、一定以下に抑えられる必要がある。

【0130】したがって、第2の光ファイバ115に接続される第2のアンテナ局1200～120nの個数を増大させ、第2の光送信器114から送出される光信号をより長い距離にわたって伝送するために、光伝送路における損失量は、最小限に抑えられる必要がある。

【0131】このように、本実施形態では、上り方向の通信においても、下り方向の通信においても、交換局101と各前進局1230～123nとの間の光伝送路における損失量は、最小限に抑えられる必要がある。

【0132】そして、光伝送路における損失には、第1または第2の光ファイバ103または115上を伝送することによる伝送損と、第1または第2の光ファイバ103または115に対して或る光合成器109kまたは光分岐器116k等を接続することによる接続損と、その合成比ないし分岐比による合成損ないし分岐損とがあ

る。

【0133】ここで、光ファイバの伝送損は、その材質の特性によって決定されるため、装置構成を改良することによる損失量の低減は望めない。しかし、接続損については、接続手法により異なるので、装置構成を改良することによって損失量を低減することができる。したがって、まず、光伝送路における損失量を小さくするような接続手法について、以下に検討する。

【0134】第1または第2の光ファイバ103または115へ、或る光合成器109kまたは光分岐器116kを接続する手法としては、光コネクタによって接続する手法と融着によって接続する手法とが考えられる。そして、それぞれの接続手法における接続損の量は異なる。それぞれの損失量は、光コネクタによる場合では1箇所当たり0.5dB以下程度であり、融着による場合では1箇所当たり0.2dB以下程度である。

【0135】ここで、第1または第2の光ファイバ103または115が既に敷設されているような場合を想定する。この場合には、或る光合成器109kまたは光分岐器116kをの接続が予定されている箇所において、第1または第2の光ファイバ103または115を切断する。そして、その切断された端に対して光コネクタを接続し、さらに光コネクタを融着接続する手法が考えられる。このように光コネクタによって接続する手法を採用した場合、損失の発生箇所は、光コネクタによる発生箇所が2箇所、融着による発生箇所が2箇所となり、最低でも4箇所となる。

【0136】これに対して、融着によって第1または第2の光ファイバ103または115へ、或る光合成器109kまたは光分岐器116kを接続するには、最低2箇所の接続箇所が必要となるにすぎない。そこで、本実施形態では、接続損失を最低限に抑えるために、融着によって接続する手法を採用する。

【0137】ただし、融着によって接続された構成品は、取り外しが困難になり、交換性が低下する。もっとも、融着により接続された光合成器1091～109nまたは光分岐器1161～116nは受動部品であって信頼性が高いので、交換性が低下しても問題は少ない。

【0138】一方、第1の光送信器1060～106nまたは第2の光受信器1190～119nには能動部品が多く含まれ、故障時の交換が必要となる。したがって、光合成器1091～109nまたは光分岐器1161～116nと、対応する第1の光送信器1061～106nまたは第2の光受信器1191～119nとは、対応する第1または第2の光コネクタ1081～108nまたは1171～117nを介して接続する。さらに、第1または第2の光ファイバ103または115と、第1の光送信器1060または第2の光受信器1190とは、対応する第1または第2の光コネクタ1080または1170を介して接続する。このように第1お

よび第2の光コネクタ1080~108nおよび1170~117nを用いることにより、第1の光送信器1060~106nまたは第2の光受信器1190~119nの交換性は十分に確保される。

【0139】ちなみに、第1の光送信器1061~106nと、対応する光合成器1091~109nとを融着することによって接続し、当該光合成器1091~109nの両端に光コネクタを接続するような手法を用いれば、同様の交換性を確保することができる。同様に、第2の光受信器1191~119nと、対応する光分岐器1161~116nとを融着接続し、当該光分岐器1161~116nの両端に光コネクタを接続するような手法を用いても、同様の交換性を確保することができる。

【0140】しかし、このような接続手法を用いることにより、接続に必要な光コネクタの個数が増大し、その光コネクタを融着する箇所も増大するので、伝送路全体の損失量は増大することになる。よって、このような接続手法を採用することには問題がある。

【0141】したがって、光コネクタによる接続手法を用いることによって、第1の光送信器1060~106nおよび第2の光受信器1190~119nの交換性を確保しながら、光合成器1091~109nまたは光分岐器1161~116nを第1または第2の光ファイバ103または115に対して融着によって接続することにより、光伝送路の損失量を小さく抑えることができる。

【0142】以上の手法によって、光伝送路の損失の総量は小さく抑えられる。しかし、光伝送路の損失には、さらに、各光合成器1091~109nの合成損または各光分岐器1161~116nの分岐損がある。そして、この合成損または分岐損は、合成比または分岐比によって決まる。

【0143】第1の光送信器1060~106nのいずれかを送出起点として伝送される光信号は、伝送途中に介挿されている各光合成器1091~109nのうちのいくつかを通過し、これらの合成損失および伝送路の損失によってレベルが低下していく。同様に、交換局101から見て、より遠方へ伝送される光信号は、伝送途中に接続される各光分岐器1161~116nのうちのいくつかを通過し、これらの分岐損失および伝送路の損失によってレベルが低下していく。

【0144】例えば、各光合成器1091~109nの合成比または各光分岐器1161~116nの分岐比が1:1の比に固定される場合、伝送される光信号の信号電力は、光合成器または光分岐器を1つ通過する毎に、ほぼ半分に減衰されていく。

【0145】そこで、各光合成器1091~109nの合成比率は、交換局101に近い位置に設けられるものほど小さな値に選ばれているようにする。そうすれば、伝送される光信号は、各光合成器1091~109nの

いずれか1つを通過する場合において、交換局101により近い位置に設けられる光合成器を通過する場合ほど、その合成損による減衰を受けなくなる。

【0146】また、各光分岐器1161~116nの合成比率は、交換局101に近い位置に設けられるものほど小さな値に選ばれているようにする。そうすれば、伝送される光信号は、各光分岐器1161~116nのいずれか1つを通過する場合において、交換局101により近い位置に設けられる光分岐器を通過する場合ほど、その分岐損による減衰を受けなくなる。

【0147】なお、上に述べた合成比率または分岐比率とは、合成比または分岐比が1:hで与えられるとき、 $h < 1$ であるとして、hの値を指すものとする。但し、或る光合成器109kに対して、第1の光ファイバ103から入力される光信号と、対応する第1の光送信器106kから入力される光信号との合成比は、1:hで与えられるものとする。同様に、或る光分岐器116kから、第2の光ファイバ115へ出力される光信号と、対応する第2の光受信器119kへ出力される光信号との分岐比は、1:hで与えられるものとする。

【0148】ここで、光合成器1091~109nの全ての合成比率に小さな値が選択されることは、交換局101から最も遠い位置に設けられた第1の光送信器1060からの光信号の伝送損失の総量を小さく抑える。したがって、第1の光受信器110は、最も遠い位置に設けられた第1の光送信器1060からの信号を、最大電力で受信することができる。同様に、光分岐器1161~116nの全ての分岐比率に小さな値が選択されることは、交換局101から最も遠い位置に設けられた第2の光受信器1190への光信号の伝送損失の総量を小さく抑える。よって、第2の光送信器114から最も遠い位置に設けられた第2の光受信器1190は、第2の光送信器114からの信号を最大電力で受信することができる。

【0149】このように、光伝送路の途中に介挿される各光合成器1091~109nの合成比率の値ないし各光分岐器1161~116nの分岐比率の値を小さくすることは、伝送される光信号が受ける減衰量の総量を小さく抑える。

【0150】しかし、反面、伝送路途中に介挿される各光合成器1091~109nに対して入力される、対応する第1の光送信器1061~106nからの信号は、合成比率の値を小さくすることによって、逆に大きな減衰を受けることになる。同様に、伝送路途中に介挿される各光分岐器1161~116nから出力される、対応する第2の光受信器1190~119nへの信号は、分岐比率の値を小さくすることによって、逆に大きな減衰を受けることになる。

【0151】そこで、交換局101により近い位置に設けられた各光合成器1091~109nの合成比率およ



び各光分岐器1161～116nの合成比率ほど、より小さな値に選ばれているようにする。そうすれば、各第1の光送信器1060～106nから送信される光信号のレベルを揃えることができる。したがって、第1の光受信器110は、各第1の光送信器1060～106nからの信号を、ほぼ等しい光電力で受信できる。また、同様に、各第2の受信器1190～119nで受信される光信号のレベルを揃えることができ、それぞれの受信電力をほぼ等しくすることができる。

【0152】以上のように、適切な合成比率の値が選択されることによって、各第1の光送信器1060～106nから送信される各光信号が、交換局101に達するまでに受ける伝送路上の各損失量を同じ量に平均化することができる。同様に、適切な分岐比率の値が選択されることによって、各第2の光受信器1190～119nにおいて受信される各光信号が受ける伝送路上の各損失量を同じ量に平均化することができる。

【0153】したがって、適切な合成比率ないし分岐比率の値が選択されることにより、伝送路上を伝送される光信号のいずれも大きな損失を受けないようにすることができるので、システム全体として、伝送路における損失量を最適化することができる。

【0154】さらに、適切な合成比の値が選択されることによって、各第1の光送信器1060～106nからの光信号のレベルを揃えることは、第1の光受信器110において変換される電気信号の劣化を防ぐことに貢献する。なぜなら、各第1の光送信器1060～106nからの光信号のレベル差は、第1の光受信器110で光信号を電気信号に変換する際に、信号の品質劣化を招く原因となるからである。

【0155】まず、各第1の光送信器1060～106nから送出される波長の異なる光信号は、第1の光受信器110において電気信号に変換される際に、ビート雑音を発生させる。このビート雑音が信号の品質劣化を招くことになる。そして、このビート雑音の発生を防ぐために、各第1の光送信器1060～106nから送出される光信号の波長は、それぞれが衝突しないように、ある一定の間隔をあけた値をもって割り当てられている。そして、それぞれの光信号のレベルが異なる場合、大きなレベルの信号から発生する大きなレベルのビート雑音が、小さなレベルの信号に対して強く干渉することになる。したがって、このような干渉を防ぐためには、それぞれの光信号の波長間隔をさらに広く取る必要がある。

【0156】しかし、現状におけるDFBレーザの出力光帯域は、内蔵される光アイソレータの性能によって10nm程度に制約されており、それ以上に広げることにはできない。したがって、各第1の光送信器1060～106nから送出される光信号の波長間隔をむやみに広げることには、出力帯域が制約されている以上、選択することのできる波長数を減少させることになる。したがっ

て、周波数多重できる光信号数が減少するという問題点がある。

【0157】そこで、光合成器1091～109nの合成比が適切な値に選択されるようにする。そうすれば、各第1の光送信器1060～106nが発する光信号の波長間隔を狭く取ったとしても、発生するビート雑音は、各光信号に対してそれほど大きな影響を及ぼさない。なぜなら、各光信号のレベルが揃っているため、それぞれの光信号に対するビート雑音の干渉の強さは等しく、小さなレベルの信号が大きな干渉を受けるという状態にないからである。したがって、信号の品質を劣化させることなく、光波長の間隔を狭く取ることによって、十分な数の光信号を多重することが可能となる。

【0158】さらに、第1の光送信器1060～106nからの光信号レベルを微調整する手段として、光合成器1091～109nと対応する第1の光送信器1061～106nとの間の全てないしいずれかに、第1の光減衰器1071～107nを介挿する。また、第1の光ファイバ103と第1の光送信器1060との間に第1の光減衰器1070を介挿してもよい。こうして介挿された第1の光減衰器1070～107nを調整することにより、対応する光合成器1091～109nにおいて合成される光信号レベルは、所定の値に調整される。したがって、光合成器1091～109nの合成比が適切な値から微かにずれていたとしても、第1の光減衰器1070～107nを調整することにより、光合成器1091～109nの合成比が適切な値に選択されている場合とはほぼ同様の状態を実現することができる。このようにして、第1の光受信器110で受信される光信号のレベルを揃えることができる。

【0159】また、光合成器1091～109nの場合と同様に、光分岐器1161～116nも、適切な分岐比の値に選択される必要がある。各第2の光受信器1190～119nへの入力光電力にばらつきがある場合、その入力光電力のばらつきは、変換後の電気信号のレベル差となってあらわれる。そして、当該電気信号の電力は通常微弱であるので、対応する第2のアンテナ1200～120nから放射される所定の電力にまで増幅される必要がある。ところが、放射される所定の電力は、各第2のアンテナ1200～120nによってレベル差がないから、当該電気信号の増幅利得は、それぞれ異なることになる。したがって、それぞれの第2の光受信器1190～119nにおいて、入力される光信号レベルに差があれば、それぞれの増幅利得を変更する必要がある。すなわち、各第2の光受信器1190～119nそれぞれに対して、最適利得の設計やAGC機能の追加による増幅利得の変更をする必要がある。しかし、それには大きなコストと工数がかかってしまう問題点がある。

【0160】そこで、各第2の光受信器1190～119nへ入力される光信号レベルを揃えるために、光合成

器1091~109nの場合と同様、各光分岐器1161~116nの分岐比は、適切な値に選択される。

【0161】さらに、第2の光受信器1190~119nへの入力光電力の微調整を行うために、各光分岐器1161~116nと対応する第2の光受信器1191~119nとの間の全てないずれかに、第2の光減衰器1181~118nを介挿する。また、第2の光ファイバ115と第2の光受信器1190との間に第2の光減衰器1180を介挿してもよい。そして、光合成器1091~109nの場合と同様に、分岐比が適切な値から微かにずれていたとしても、第2の光減衰器1180~118nの減衰量を調整することにより、光分岐器1161~116nの分岐比が適切な値に選択されていると同様の状態を実現することができる。このようにして、各第2の光受信器119~119nにおいて受信される光信号のレベルを揃えることができる。

【0162】そうすれば、全ての第2の光受信器1190~119nの部品構成を共通化することができる。さらに、各第2の光受信器1190~119nにおける構成上の差異が無くなるので、故障時における交換が容易になる。また、使用する部品点数を削減することができるので、製作コストを下げることができる。また、光減衰器という受動部品を使うため、AGC機能等を使用した場合のように、第2の光受信器1190~119nにおける消費電力が増加する問題点も回避できる。

【0163】以上のようにして、光合成器1091~109nの合成比および光分岐器1161~116nの分岐比の値は、各光信号レベルが揃えられるよう、適切な値に選択されることが望まれる。

【0164】そこで、当該適切な値をいかにして求めるかが問題となる。そして、光合成器1091~109nの合成比における最適値および光分岐器1161~116nの分岐比における最適値は、以下のようにして求めることができる。

【0165】まず、図1を参照しながら、光合成器1091~109nの合成比における最適値を考える。ここで、各第1の光送信器1060~106nにおける光電力のばらつきを無視し、一定の値であると仮定する。さ

$$b' \cdot g \cdot P1 / (1 + y1) = g \cdot P2 \cdot y1 / (1 + y1) \quad \dots (3)$$

したがって、上式(3)を整理すると、 $b' = y1$ という結果が得られる。

【0171】次に、光合成器1092における光信号の合成比について考える。光合成器1092の合成比を $1 : y2$ とする。ただし、 $y2 < 1$ とし、第1の光送信器1060および1061より入力される光信号電力と、第1の光送信器1062から入力される光信号電力の比が $1 : y2$ であるとする。

【0172】光合成器1092に入力される第1の光送信器1060および1061からの光電力は、上式

(3)の結果を上式(1)および上式(2)にそれぞれ

\*らに、各光合成器1091~109nは、第1の光ファイバ103に対して等間隔に介挿されるものとする。

【0166】このような前提のもと、先ず交換局101から最も遠い位置に設けられた第1の光送信器1060からの信号と、2番目に遠い位置に設けられた第1の光送信器1061からの信号との合成を考える。そして、各光合成器間の伝送損失を $b$ （光電力が $b$ 倍になる）としたとき、各光信号レベルが揃えられるよう、光合成器1091において合成される光信号電力がそれぞれ等しくなるような合成比を考える。

【0167】まず、光合成器1091の合成比を $1 : y1$ とする。ただし、 $y1 < 1$ であって、第1の光送信器1060から入力される光信号電力と、第1の光送信器1061から入力される光信号電力との比が $1 : y1$ であるとする。また、第1の光ファイバ103に入力される直前の位置における第1の光送信器1060からの光電力を $P1$ とする。さらに、融着による損失を含む光ファイバの通過損失を $b'$ （光電力が $b'$ 倍になる）、合成比と無関係に光合成器1091の通過によって発生する過剰損失を $g$ （光電力が $g$ 倍になる）とする。

【0168】そして、第1の光送信器1060からの光信号が光合成器1091を通過した直後の位置における光信号電力 $P11$ は、合成損については $1 / (1 + y1)$ に減衰されるので、次式(1)のようになる。

$$P11 = b' \cdot g \cdot P1 / (1 + y1) \quad \dots (1)$$

【0169】一方、光合成器1091に入力される光信号のうち、第1の光送信器1061からの光信号電力を $P2$ とし、光合成器1091の通過によって発生する過剰損失を同じく $g$ （光電力が $g$ 倍になる）とする。そうすれば、第1の光送信器1061からの光信号が光合成器1091を通過した直後に位置における光信号電力 $P21$ は、合成損失については $y1 / (1 + y1)$ に減衰されるので、次式(2)のようになる。

$$P21 = g \cdot P2 \cdot y1 / (1 + y1) \quad \dots (2)$$

【0170】ここで、前提条件から $P1$ と $P2$ とは相等しく、また、合成後における光信号電力 $P11$ と $P21$ とが相等しくなればよいので、上式(1)と上式(2)より、次式(3)が導かれる。

$$b' \cdot g \cdot P1 / (1 + y1) = g \cdot P2 \cdot y1 / (1 + y1) \quad \dots (3)$$

代入すれば、共に $P1 \cdot b'^2 / (1 + b')$ となる。よって、これらの信号電力が等しくなればよいので、光合成器1091の場合と同様に導き出され、 $y2$ は次式(4)のようになる。

$$y2 = g \cdot b'^2 / (1 + b') \quad \dots (4)$$

【0173】このようにして、1番目の光合成器1091や2番目の光合成器1092と同様、 $\alpha$ 番目（ただし $\alpha$ は1から $n$ までの任意の整数）の光合成器109 $\alpha$ における合成比率 $y\alpha$ は、次式(5)で与えられる。

【数5】

$$y_{\alpha} = \frac{g^{\alpha-1} \cdot b'^{\alpha}}{\{1 + \sum_{\beta=1}^{\alpha-1} (g^{\beta-1} \cdot b'^{\beta})\}} \quad \dots (5)$$

なお、 $\alpha$ 番目の光合成器の合成比率 $y_{\alpha}$ が上式(5)であることは、数学的帰納法を用いて証明することができる。

【0174】さらに、上式(5)は次式(6)のように変形できる。

【数6】

$$y_{\alpha} = \frac{(g \cdot b')^{\alpha}}{\frac{1}{g} + \sum_{\beta=1}^{\alpha-1} (g \cdot b')^{\beta}} \quad \dots (6)$$

【0175】ここで、光合成器1091~109nについて、その合成比に関係なく通過することによって発生する過剰損の量は、非常に小さい。したがって、過剰損の値 $g$ (光電力が $g$ 倍になる)は、ほぼ1に等しいと考えてもよい。そうすると、合成比 $y_{\alpha}$ は、近似的に、次式(7)のようになる。

【数7】

$$y_{\alpha} \cong \frac{b^{\alpha}}{\{1 + \sum_{\beta=1}^{\alpha-1} b^{\beta}\}} = \frac{b^{\alpha}}{\sum_{\beta=0}^{\alpha-1} b^{\beta}} \quad \dots (7)$$

ただし、 $b = g \cdot b'$ であり、 $b$ (光電力が $b$ 倍になると)は隣り合う光合成器間の総損失を示すものとする。

【0176】上式(7)の示すように、 $\alpha$ 番目の光合成器における合成比は、隣り合う光合成器間の総損失 $b$ に関連して決定されることになる。ところが、この隣り合う光合成器間の総損失 $b$ の値を実際に測定するには、装置を実際に完成しなければならず、設計段階において $b$ の値を測定することができない。そこで、実際に $b$ の値を測定することなく、伝送損失量を最適化できる合成比を決定する方法を考察する。

【0177】隣り合う光合成器間の総損失の値 $b$ は、前述のように、光ファイバにおける伝送損失、融着による接続損などの光合成器の接続による損失、光合成器の通過による損失などから構成される。

【0178】そこで、まず、光ファイバにおける伝送損失について考察する。本実施形態では、光ファイバにおいて1.3 $\mu$ m帯の光が伝送された場合を考える。なぜなら、現在最も広く採用されている光ファイバが伝送を予定している光の波長は、1.3 $\mu$ m帯だからである。

【0179】そして、1.3 $\mu$ m帯の光を伝送した場合における光ファイバでの損失の値は、公称値としては0.5dB/kmが用いられることが多い。しかし、その値には多少のばらつきがあるので、経験上、本実施形態では、1.3 $\mu$ m帯の光を伝送した場合における光ファイバの伝送損失の値として、0.3~0.5dB/k

mを用いる。

【0180】次に、本実施形態では、光合成器の接続手法として融着を採用することは前述した。そして、融着箇所個数は、経験上、1km当たり最小で2箇所、最大で4箇所が想定される。また、光ファイバ融着時の損失量は、融着作業の結果によってばらつきが生じる。よって、1箇所当たりの融着による損失の値として、経験的な値である0.1~0.2dBが想定される。したがって、隣り合う光合成器間の融着による損失の値として、上記の値を参照して、1km当たり0.2~0.8dBを用いる。また、光合成器の過剰損失の値としては、経験的な値である0.2dB~0.5dBを用いる。以上より、光ファイバの伝送損失以外の隣り合う光合成器間の損失として、0.4~1.3dB/kmの値を得ることができる。したがって、隣り合う光合成器間の損失としては、次式(8)のようになる。

$$b = a' \cdot c \quad \dots (8)$$

【0181】ここで、光ファイバの伝送損失による光信号の減衰は $a'$ となる。ただし、 $L$ は光合成器間の距離であり、単位はkmとする。そして、光ファイバの損失は $a$ であって(光電力が $a$ 倍になる)、0.891~0.933の値に選択されるものとする。この数値は、前述の0.3~0.5dB/kmという損失の値を比率に換算したものである。また、その他の要因による光信号の減衰は $c$ であって(光電力が $c$ 倍になる)、0.741~0.912の値に選択されるものとする。この数値は、前述の0.4~1.3dB/kmという損失の値を比率に換算したものである。

【0182】以上により、実際に $b$ の値を測定することなく、設計段階において最適な伝送損失量を実現するような各光合成器1091~109nの合成比を決定することができる。こうして、実際に測定することなく、あるいは、実際に測定して $b$ の値を算出すれば、第1の光受信器で受信される光信号のそれぞれのレベルが揃えられる、適切な合成比の値を選択することができる。

【0183】そして、前出の式(7)は、合成比は1: $y_{\alpha}$ であることを前提にしているの、最適な合成比は、 $(1 + y_{\alpha})$ で割って正規化すると、次式(9)のように与えられる。

【数8】

$$\frac{1}{1 + \frac{b^{\alpha}}{\sum_{\beta=0}^{\alpha-1} b^{\beta}}} : \frac{b^{\alpha}}{\sum_{\beta=0}^{\alpha-1} b^{\beta}} \quad \dots (9)$$

この上式(9)の合成比を実現すれば、多重される各光信号のレベルは同等となる。したがって、合成比率が次式(10)で与えられる値をとるように光合成器109

1～109nを選択すれば、上記の理想的な合成比を実現することができる。

【数9】

$$\frac{b^a}{\sum_{\beta=0}^{a-1} b^\beta} \dots (10)$$

しかし、実際には、光合成器の過剰損の値は、製造過程で生じるばらつきを有しているし、光ファイバの損失を含む伝送損の値についてもばらつきを有している。したがって、式(9)と完全に一致する合成比を有する光合成器を選択したとしても、必ずしも最適な合成が行われるとはいえない。さらに、上記のばらつきには規則性がないから、式(9)と完全に一致する合成比の値に選択される必要性はそれほど高くはない。

【0184】そこで、自然数に選ばれている*i*および*j*が*i*>*j*かつ*i*+*j*=20であることを前提として、各光合成器1091～109nの合成比は5*i*:5*j*であって、当該合成比が式(9)に最も近い値になるように*i*および*j*の値を選択する。すなわち、合成比が5*i*:5*j*であれば、正規化された合成比率は5*j*/5*i*となるから、5*j*/5*i*が前出の式(10)で与えられる値に最も近くなるように*i*および*j*の値を選択された光合成器を、各光合成器1091～109nとして選択する。

【0185】このように合成比を離散的な値に限定することにより、光合成器1091～109nの入手あるいは製作が容易になる。なお、合成比を限定することによって理想的な値よりも損失の値がばらつくことに対しては、対応する第1の光減衰器1070～107nを調整することにより、ばらつきを解消することが可能である。そうして、第1の光受信器110で受光される各光信号レベルを同等に揃えることが可能となる。

【0186】もっとも、理想的な合成比率が非常に小さくなる場合には、理想的な合成損の値が過剰損の値を下回るようになる。このような場合には、理想的な合成比を実現することは不可能となる。なぜなら、光合成器には固有の過剰損があり、過剰損がなくなる以上、合成損の値が過剰損の値を下回することはできないからである。

【0187】そこで、前出の式(10)に示される理想的な合成比率の値が5/95を下回る場合には、合成比率を5/95に固定する。すなわち、合成比は、95:5で固定されることとする。そうすれば、光合成器1091～109nの種類を少なくすることが可能となり、その入手あるいは製作が容易になる。

【0188】ただし、このように合成比率を5/95に固定すれば、前出の式(10)に示される理想的な合成比率の値よりも大きくなる。そして、合成比率が理想的な値よりも大きな値を有する光合成器によって合成され

た光信号のレベルは、合成比率のより小さな値を有する光合成器で合成された光信号のレベルよりも大きくなる。そうだとすれば、理想的な合成比によって、第1の光受信器110において受信される各光信号のレベルを同等に揃えることができなくなる。そこで、第1の光減衰器1070～107nを調整することによって、大きなレベルの信号を理想的なレベルに減衰させることとする。そうすれば、各信号を容易に同一レベルに揃えることができる。

【0189】次に、光分岐器1161～116nにおける分岐比の最適値を考える。もっとも、光分岐器1161～116nの分岐比の最適値も、光合成器1091～109nの合成比の場合と同様に求めることができる。

【0190】上述したように、上り方向通信の場合において、各第1の光送信器1060～106nの信号は、ひずみの少ないバイアス電流値に設定されている限り、ほぼ同等レベルの光電力である。しかし、下り方向通信の場合においては、光送信器は1つである。よって、その光送信電力のばらつきを考慮する必要はない。そこで、最適な分岐比は、光送信電力のばらつきがないことを前提にするまでもなく、前述の上り方向通信における場合と全く同様になる。

【0191】したがって、同様に、 $\alpha$ 番目(ただし $\alpha$ は1からnまでの任意の整数)の光分岐器116 $\alpha$ における分岐比率 $y_\alpha$ も、前述の式(7)で与えられ、隣り合う光分岐器間の損失も、前述と同様の条件下で式(8)によって与えられる。

【0192】また、同様に、分岐比率が式(10)で与えられる値となる光分岐器を選択する方法も考えられる。しかし、分岐比が5*i*:5*j*であって、自然数に選ばれている*i*および*j*が*i*>*j*かつ*i*+*j*=20であることを前提として、分岐比が式(9)の値に最も近い値になるよう、*i*および*j*の値が選択された光分岐器を採用する方法をとる。すなわち、光合成器の場合と同様、分岐比率5*j*/5*i*が式(10)で与えられる値に最も近い値になるよう、*i*および*j*の値が選択された光分岐器を選択する。そうすれば、光合成器の場合と同様に、光分岐器の製作ないし入手が容易になる。

【0193】さらに、分岐比を限定することによる損失のばらつきは、対応する第2の光減衰器1180～118nを調整することにより吸収される。したがって、各第2の光減衰器1180～118nを調整することにより、対応する第2の光受信器1190～119nで受光される光信号レベルを同等に揃えることが可能となる。

【0194】さらに、合成比と同様、分岐比率が小さくなる場合には、分岐損が過剰損を下回るようになる。このため理想的な分岐比を実現することは不可能である。そこで、式(10)の値が5/95を下回る場合には、合成比の場合と同様に、分岐比も95:5で固定する。これにより光分岐器の種類を低減することが可能とな

る。さらに、分岐比率が理想的な値よりも大きな値を有する光分岐器で分岐された光信号のレベルは、他の分岐比率の小さな値を有する光分岐器で分岐される光信号のレベルよりも大きくなる。しかし、これは対応する第2の光減衰器1180~118nを調整することにより、容易に同一レベルに揃えることができる。

【0195】以上のようにして同一レベルに揃えられた光信号は、ビート雑音による干渉を受けにくく、多くの波長で多重できる。しかし、多くの波長による多重を実現するために、発光波長の異なるDFBレーザ素子を多数準備し、多くのDFBレーザの中から、特定の発光波長を有するDFBレーザ1120~112nを選別する方法を採用することは、手間もコストもかかる。そこで、何らかの手段により、レーザ素子の出力光の波長を制御することが望まれる。

【0196】本実施形態では、各第1の光送信器1060~106nにおける波長制御の方法について次のような方法を採用する。図4は、図2における或る第1の光送信器106k(kは、0からnまでの任意の整数)について、その波長制御の方法を示した模式図である。前述のように、各第1の光送信器1060~106nは、光信号を発生する素子として、対応するDFBレーザ1120~112nが内蔵されている。

【0197】そして、DFBレーザの出力光の波長は、レーザ素子の温度によって変動することが知られている。そのため、一般的に、DFBレーザには、その周囲温度の変動に対しても安定した波長の光信号が得られるように、レーザ素子の温度を制御するためのペルチェ素子等が内蔵されている。

【0198】そこで、このことを逆に利用して、当該ペルチェ素子ないし同様の温度制御手段を用いて所定の温度に設定し、レーザ素子の温度を制御する。そうすれば、レーザ素子の温度制御によって、DFBレーザの出力光の波長を制御することが可能となる。

【0199】しかし、以上の方法のみでは、必ずしも所定の温度に設定することができない。なぜなら、ペルチェ素子等による温度制御範囲には、限界が存在するからである。すなわち、本システムは、鉄道のトンネル等、電波の届かない場所へ設置されるのであるから、野外での使用が予定される。しかし、野外に装置が設置される場合には、各DFBレーザ1120~112nの周囲温度は、天候や季節等によって変動する。そのため、ペルチェ素子等にかかる負荷は、その変動する周囲温度によって変化する。そして、レーザ素子の温度が周囲温度に対して一定の温度以上あるいは以下になると、ペルチェ素子等にかかる負荷は、性能限界を超える。その場合には、ペルチェ素子等のみによってレーザ素子の温度を制御することは不可能になる。

【0200】そこで、ペルチェ素子ないし同様の温度制御手段を内蔵するDFBレーザ1120~112nの周

囲を、さらに対応する恒温槽4010~401nで覆う構成とする。このような構成によって、装置外部の温度の変動に対しても、DFBレーザ1120~112nの周囲温度を一定に保つことができる。

【0201】例えば、DFBレーザ1120~112nの周囲温度を常温である25℃に設定して、装置外部の温度変動にかかわらず、当該周囲温度を常温を保つように制御する。このようにして、DFBレーザ1120~112n内部の温度を制御する。そうすれば、ペルチェ素子等による温度制御がその性能限界を超えて破綻することはない。したがって、各第1の光送信器1060~106nは、所定の発光波長で安定した発光をすることが可能となる。

【0202】さらに、このように波長を制御することによって、多くのDFBレーザの中から、特定の発光波長を有するDFBレーザ1120~112nを選別することが不要になる。したがって、コストを抑えた波長多重方法を実現することができる。

【0203】もっとも、温度制御によってDFBレーザの光波長を制御する場合には、温度変化によって、DFBレーザの出力光電力も変化するようになる。以下に、当該変化をあらわすデータを示す。

【0204】図5(a)は、或るDFBレーザ#1の温度変化に対する光波長の変動について示したグラフであり、図5(b)は、当該温度変化に対する光信号スペクトラムの変動について示したグラフである。図5(a)のグラフでは、受光電力を0dBmとし、バイアス電流が75mAのときの、波長を縦軸に、レーザ温度を横軸にとり、また、図5(b)のグラフでは、レーザ温度が5度ないし45度の範囲で変化するときの、出力光電力を縦軸に、出力光波長を横軸にとっている。

【0205】この図5からは、DFBレーザ#1の温度を変化させた場合には、その波長とともに出力光電力も変動することが読みとれる。すなわち、DFBレーザの温度がより低温に設定される場合は、出力光電力がより増大し、より高温に設定される場合は、出力光電力がより低下することになる。

【0206】したがって、このような変化を利用し、前述のような光伝送路における合成比を決定した上で、第1の光受信器110により近い位置に接続される第1の光送信器1060~106nの温度ほど、より高く設定することとする。このようにすれば、第1の光受信器110において受信される各光信号のレベルを揃えることができる。以下に、その理由を説明する。

【0207】前述のように、光合成器1091~109nのいずれかの理想的な合成比率が5/95以下である場合、合成比率は5/95に固定されたとすると、合成比率はそれよりも小さくはならない。このような各光合成器1091~109nで合成される光信号の損失はいずれも同じである。したがって、出力光電力が一定であ

れば、合成される光信号は、理想的な光信号レベルよりも大きくなる。

【0208】そこで、理想的な合成比率が5/95を下回る場合に、合成比が95:5に設定された光合成器1091~109nには、対応する各第1の光送信器1061~106nが接続されるが、当該各第1の光送信器1061~106nに内蔵されるDFBレーザ1121~112nは、交換局101に近い位置に設置されているほど、より高温に設定されるようにする。そうすれば、対応する第1の光送信器1061~106nの出力光電力が低減しても、合成の損失量が理想的な合成比率による損失量より小さいため、当該出力光電力の低減が相殺される。

【0209】すなわち、理想的な合成比率以上に設定された光合成器1091~109nに対応する第1の光送信器1061~106nの出力光電力は、理想的な光信号電力よりも大きな値となる。そのため、対応するDFBレーザ1121~112nが、交換局101に近い位置に設置されているほど、より高温に設定されるようにする。そうすれば、第1の光受信器110において受信される各光信号は、ほぼレベルの揃った理想的な光電力となる。

【0210】したがって、第1の光送信器1060~106nの光信号レベルを揃えることにより、ビート雑音の干渉による影響を最小限に抑えることができるので、効率的に信号を多重することができる。さらに、最適な合成比ないし分岐比が設定されることによりシステム全体として最適な損失量を実現できるので、多くのアンテナ局をバス型に接続したとしても、より長い距離を伝送することが可能になる。

【0211】ところで、移動体、典型的には列車のトンネルにおけるトンネル径は、建設コストを削減するために、列車が通過することができる必要最小限の大きさになっている。したがって、列車側面とトンネル側面との空間は非常に限られている。このような狭い空間を伝搬する場合には、電波は自由空間とは異なる伝搬特性を示し、列車内へ到達する信号の電力は通常の場合よりも低下することが考えられる。さらに、列車は金属で覆われているので、列車の外から、あるいは列車の外への電波伝搬は窓からの伝搬に限られる。このことも、列車における伝搬損失を大きくする要因となると考えられる。

【0212】また、例えば、各前進局が設置されるトンネル壁面側の窓の近傍において列車内の無線携帯端末が動作している場合には、列車側面とトンネル壁面との距離が非常に近くなる。したがって、各前進局付近を横切る瞬間、無線携帯端末は、アンテナと完全な見通し通信となり、かつ、アンテナとの距離が非常に近くなる。そのため、当該無線携帯端末の受信電力は極端に大きくなる。

【0213】このような状態においても無線携帯端末の

受信性能を確保するためには、既存の無線携帯端末の最大受信電力以下になるよう、トンネル壁面に設けられた各前進局からの送信電力を制限することが考えられる。しかし、このような条件下で送信電力を規定すると、上記に示したような伝搬特性によって、電波の到達する距離が短くなり、より多くの前進局をトンネル壁面に設置する必要が生じる。

【0214】そこで、トンネル内での信号の送受信を効率的に行うために、図1および図2に示されたバス型光伝送システムに対して、さらに構成要素を付加した本発明の一実施形態に係るシステムが、図7に示された構成例である。以下、図7を参照しつつ、本システムの構成および動作について説明する。

【0215】図7に示されたシステムは、図1に示されたバス型光伝送システムと同様に、交換局701と、前進局7020~702n（但しnは0以上の整数である）と、第1の光ファイバ7031と、第2の光ファイバ7032とを備える。

【0216】さらに、図7のシステムは、携帯電話端末700を内部に含んで、典型的にはトンネル内を移動する移動体720と、前進局7020~702nに対応して設けられる移動体検出部7500~750nと、前進局7020~702nに対応してその内部に設けられる前進局制御部7600~760nとを備える。

【0217】また、移動体720は、移動体720の進行方向に対してその前部および後部付近に設けられた第1および第2の車載局7101および7102と、これらの車載局の間に設けられた車内局7301~730i（但しiは任意の自然数である）と、これらを接続する車内伝送路740を含む。車内伝送路740は、典型的には同軸線が用いられる。なお、その他の構成は図1における構成と同様であるので、説明を省略する。

【0218】次に、交換局701から携帯電話端末700への伝送の概略について説明する。トンネル内の壁面には、前進局7020~702nが直列に設置されて、前述のように交換局701から送られてきた信号を放射している。ここで、移動体720の前方および後方にはトンネル内の空間が広がっている。また、異なる方向に進む2台の移動体720がトンネル内において交錯する場合であっても、2台の移動体720の前方または後方には空間が広がっている。この空間を伝搬する信号は、移動体720の前面または後面に設置された第1または第2の車載局7101または7102において受信される。受信された信号は、車内伝送路740を介して、車内局7301~730iに給電される。車内局7301~730iは、適当な送信電力で各車両に信号を乗せた電波を放射する。この電波は、携帯電話端末700によって受信される。

【0219】続いて、携帯電話端末700から交換局701への伝送の概略について説明する。移動体720内



の携帯電話端末700から送信された電波は、移動体720内の車内局7301~730iのいずれかにおいて受信される。受信された信号は、RF信号の状態、車内伝送路740を介して、第1および第2の車載局7101および7102へ伝送される。第1または第2の車載局7101または7102は、伝送されてきた信号を適当な信号レベルに整えて、移動体720の外へ放射する。ここで、移動体720の前方および後方には空間が広がっている。また、異なる方向に進む2台の移動体720が交錯する場合であっても、2台の移動体720の前方または後方には空間が広がっている。この空間を伝搬した信号は、トンネル壁面に直列に設置された前進局7020~702nのいずれかにおいて受信される。以上が、本発明の一実施形態に係る光伝送システムに関する動作の概略である。

【0220】次に、移動体720において追加された構成を中心に、本実施形態に係るシステムの詳細な構成を図8に示す。図8において、移動体720の端部付近に設けられた第1の車載局7101は、車載アンテナ821と、車載アンテナ821を送受信において共用するための共用器822と、外部への信号を送信する車載送信機823と、外部からの信号を受信する車載受信機824と、受信された信号のレベルを測定する受信レベル測定部825と、車載局制御部826と、移動体720内の各局への信号を伝送する車載局用伝送装置827とを備える。なお、第2の車載局7102における構成も、第1の車載局7101と同様であるので、説明を省略する。

【0221】車内局7301は、車内伝送路740からの信号を分配する電力分配器831と、双方向増幅器836と、送信用の車内アンテナ835と、送信レベル調整器832と、受信レベル調整器833と、車内アンテナ835を共用するためのサーキュレータ834とを備える。車内局7301~730iは、それぞれ車内伝送路740によって接続され、車内伝送路740の他端には第2の車載局7102が接続される。なお、車内局7302~730iの構成は、いずれも車内局7301と同様であるので、説明を省略する。

【0222】また、移動体検出部750k、前進局702kおよび前進局制御部760kは、図7における移動体検出部7500~750n、前進局7020~702nおよび前進局制御部7600~760nのうち、k番目(但し、kは1からnまでの任意の整数である)の構成部を表している。

【0223】次に、図7における各部の動作について、まず、前進局702kから移動携帯端末710への信号を伝送する動作を説明する。なお、移動携帯端末710は、車内局7301付近に存在するものとする。

【0224】車載アンテナ821は、共用器822によって信号の送受信に兼用される。なお、車載アンテナ8

21の送受信パターンは、明確な指向性を持たないものであってもよいし、後述のような指向性を持つものであってもよい。

【0225】前進局702kからの電波は、車載アンテナ821から共用器822を介して車載受信機824によって受信される。車載受信機824は、受信した信号を歪まないように、適当なレベルになるまで増幅して車載局用伝送装置827へ出力する。車載局用伝送装置827は、入力された信号を車内伝送路740へ伝送するのに適切なレベルになるよう、さらに変換して車内伝送路740へ出力する。

【0226】また、車載受信機824によって受信される信号は、受信レベル測定部825に入力されて、そのレベルを測定される。このような測定は、移動体720の両端に設けられた第1および第2の車載局7101および7102において行われる。当該測定結果は、第1および第2の車載局7101および7102において、相互に交換される。

【0227】例えば、第2の車載局7102における測定結果は、車載局用伝送装置827によって、車内伝送路740を介して他方の第1の車載局7101へ伝送される。この測定結果を伝送する信号は、車載受信機824によって受信されたRF信号とは別の信号であって、典型的には低周波数領域の信号ないしベースバンド信号である。

【0228】伝送されてきた測定結果は、車載局用伝送装置827によって受信されて車載局制御部826へ入力される。車載局制御部826は、入力された測定結果と自局における測定結果とを比較する。その結果、車載局制御部826は、いずれの車載局が送受信に適切であるかを判定する。

【0229】この判定は、より強い受信電力の車載局が選定されるように、また、所定のレベルを超える信号を受信する車載局が選定されないように行われる。この判定結果は、車内伝送路740を介して、前述の測定結果と同様に、他方の車載局に設けられた車載局制御部へ伝送される。この判定結果によって、どちらか一方の車載局のみが送受信を行うよう制御される。

【0230】なお、第1および第2の車載局7101および7102が、ともに所定のレベルを超える信号を受信する場合には、より強い受信電力の車載局が選定されないように判定が行われる。また、上記のように互いに判定結果を伝送する構成の他に、第1および第2の車載局7101および7102が全く同一の基準を用いて判定を行うように構成すれば、かならずしも判定結果を送しなくともよい。

【0231】ここで、第1および第2の車載局7101および7102において受信された信号が同レベルの信号であった場合には、車載局の切り替えが頻繁に生じることが考えられる。このような場合には、切り替えによ

って非常に大きなドップラーシフトが急激に発生することになる。

【0232】そこで、車載局の切り替えに時間的なヒステリシスを持たせるようにする。すなわち、車載局の切り替えが頻繁に生じないように、送受信を行った車載局が所定の時間内に変更されているかを参照する。参照の結果、車載局が変更されているときには、判定結果に関わらず、車載局の切り替えを行わないようにする。そうすれば、所定の時間内には車載局の切り替えが行われず、切り替えが頻繁に生じることを防ぐことができる。

また、車載局の切り替えに、受信レベルを一定時間平均した電力を参照するようにしても、同様の効果が得られる。

【0233】次に、トンネル内において2台の移動体が互いに交錯する場合について考える。前進局7020～702nがトンネルの片側の壁面にのみ設置されている場合には、一方の移動体は、交錯する他方の移動体によって、前進局702kとの見通しが完全に遮られる。その結果、第1または第2の車載局7101または7102における受信レベルは極端に低下する。また、一方の移動体と付近の前進局との間に見通しはあるが、送信方向と交錯する他方の移動体の存在する方向とが同一である場合には、その方向に設けられた車載局の受信電力は、マルチパスによって激しく変動することが想定される。

【0234】受信レベル測定部825は、このような受信電力の変動特性も測定する。当該測定結果は、前述のように車載局制御部826に入力される。車載局制御部826は、入力された測定結果に基づいて、動作する車載局を切り替えるように制御する。このことによって、より安定した送受信が可能となる。なお、移動体同士が交錯するタイミングによっては、両方の車載局のレベルが同時に減少することが考えられるが、この場合には前述のようにレベルの大きな方の車載局を選定すればよい。

【0235】車内局7301は、車内伝送路740に接続される。車内局7301は、移動体720の両端に配置される第1および第2の車載局7101および7102からの信号を双方向で伝送するため、信号を1:1に分岐する電力分配器831が設けられる。この電力分配器831によって、車内局7301～730iは縦列に接続される。

【0236】車載局7301において受信された前進局702kからの信号は、電力分配器831によって分配され、送信レベル調整器832に入力される。送信レベル調整器832は、入力された信号を適当なレベルに増幅または減衰後、サーキュレータ834を介して車内アンテナ835に給電する。車内アンテナ835からの出力信号は、車内の携帯電話端末700において受信される。

【0237】ここで、移動体720内において、車載アンテナ835と携帯電話端末700との距離は非常に近いので、送信電力は比較的小さくてもよい。したがって、システムが設置される環境によっては、送信レベル調整器832には、増幅作用ではなく、減衰作用のみの電力制御を行う減衰器を採用することが考えられる。このような減衰器を採用すれば、システムのコストを下げ、消費電力を小さくすることができる。

【0238】また、送信レベル調整器832に対する入力信号は、電力分配器831によって分岐される。そのため、各送信レベル調整器に対する入力信号は、各車内局においてそれぞれ異なるレベルとなる。そこで、車載局用伝送装置827は、車載アンテナ821によって受信されたRF信号とは別に、予め定められた一定レベルの低周波数領域の信号ないしベースバンド信号を送信する。車内局7301～730iは、それぞれの内部に設けられる各送信レベル調整器によって、この信号のレベルを参照して、各車内局における送信電力がほぼ一定になるように制御される。なお、この信号は、前述の測定結果ないし判定結果を伝送する信号を用いることもできる。

【0239】さらに、各車載局における送信レベル調整器に対する入力信号が各車載局によってそれぞれ異なる一定のレベルとなっている状態は、移動体720、典型的には列車が移動中に変更されない。この状態が変更されるのは、各車内局の設置間隔や設置状況が変更されたとき、典型的には列車の車両編成が変更されたときである。したがって、このときに一度だけ、前述の信号を送信し、または信号のレベルを参照して、各車内局における送信電力がほぼ一定になるように制御することも考えられる。そうすれば、一旦送信電力が一定になるように制御されると、それ以降、状態が変更されない限り、各送信レベル調整器によって信号レベルを参照し、各車内局の送信電力を制御する必要がなくなる。

【0240】双方向増幅器836は、第1および第2の車載局7101および7102から伝送される双方の信号レベルを補正する。伝送される信号は、車内局7301～730iに設けられた各電力分配器831を通過する毎に、信号レベルが低下するため、一定レベルになるよう増幅される必要がある。そこで、双方向増幅器836は、双方向における信号の増幅を行う。

【0241】なお、双方向増幅器836が設けられる位置は、第1および第2の車載局7101および7102から伝送される信号の損失を考慮した最適な位置に設置される。したがって、双方向増幅器836は、必ずしも全ての車内局7301～730iに設けられる必要はない。

【0242】次に、移動体720が前進局702kの直前を横切る場合について考える。このとき、当該前進局702kからの信号送信が行われていれば、携帯電話端



末700は、車内アンテナ835からの信号と前進局702kからの信号とを同時に受信することになる。

【0243】また、前進局702kが設置される壁面に沿って、その直近を移動体720が移動する場合に、前進局702kが設置されている側の窓際に携帯電話端末700が存在すれば、前進局702kと携帯電話端末700との距離が極端に接近することになる。このことに伴って、携帯電話端末700は、極端な受信レベルの変動による影響を受け、また極端な大電力で受信するような状況に陥ることが考えられる。

【0244】このような状況を防止するためには、当該前進局702kにおける信号の送受信を停止させることが有効である。そこで、移動体720の通過を検出する移動体検出部7500～750nと、対応する前進局の送受信を停止させる前進局制御部7600～760nとをが前進局7020～702nに対応させて設ける。

【0245】移動体検出部750kは、その直前を移動体720が通過する場合には、対応する前進局制御部760kへ移動体720の通過を通知する信号を出力する。前進局制御部760kは、当該信号が入力されて、対応する前進局702kにおける信号の送受信を停止するように制御する。

【0246】このことによって、携帯電話端末700が車内アンテナ835および前進局702kからの信号を同時に受信することを回避することができる。したがって、携帯電話端末700は、より安定した受信を行うことが可能となる。

【0247】さらに、移動体検出部750kを対応する前進局702kに対して2つ設けて、その一方によって移動体720の通過を事前に検出し、他方によって通過の完了を事後に検出することができるように配置してもよい。具体的には、対応する前進局702kから所定の距離を離して、トンネルの壁面に沿って前後に配置する。そうすれば、前進局702kと携帯電話端末700とが接近した位置関係になる前に前進局702kにおける送受信を停止させ、離れた位置関係になれば送受信を再開させることができる。したがって、携帯電話端末700は、より安定した信号の送受信を行うことができる。

【0248】なお、上記の2つの移動体検出部750kのうち、移動体720の通過完了を検出するための移動体検出部750kを設けることに替えて、移動体720がほぼ等速直線運動を行うことを利用して、対応する前進局制御部760k内に移動体720が通過する時間を計測するためのタイマーを設けてもよい。

【0249】次に、携帯電話端末700から前進局702kへ信号を伝送する動作について説明する。携帯電話端末700からの信号は、車内アンテナ835によって受信され、サーキュレータ834を介して受信レベル調整器833に入力される。

【0250】受信レベル調整器833は、携帯電話端末700と車内局7301との位置が近いことから、大電力の信号を車内アンテナ835から入力される場合もある。したがって、受信レベル調整器833において、信号の増幅が不要な場合も考えられるので、入力された信号を増幅をせずにそのまま出力するか、逆に減衰させて出力することも考えられる。そのような場合には、受信レベル調整器833は電力減衰器として作用し、入力信号は減衰されることによってレベルを調整されて、電力分配器831に出力される。

【0251】したがって、システムが設置される環境によっては、送信レベル調整器832と同様に、受信レベル調整器833には、増幅作用ではなく、減衰作用のみの電力制御を行う減衰器を採用することが考えられる。このように減衰器を採用すれば、システムのコストを下げ、消費電力を小さくすることができる。

【0252】電力分配器831は、車内伝送路740上に配置されて、車内伝送路740上を伝送される信号と携帯電話端末700からの信号とを多重する。多重された信号は、移動体720の両端部付近に設けられた第1および第2の車載局7101および7102へ伝送される。

【0253】車載局用伝送装置827は、車内伝送路740上を伝送されてきた信号を一旦受信して、当該信号のレベルを調整した後、車載送信機823へ入力する。車載送信機823は、入力された信号を送信に必要なレベルに調整して、共用器822を介して車載アンテナ821から送信する。

【0254】ここで、前述のように、受信レベル測定部825は、車載受信機824から受信信号を入力されてその受信レベルを測定し、測定結果を車載局制御部826へ入力している。車載局制御部826は、この測定結果に応じて、車載送信機823が最適な信号電力で送信するように制御する。また、前述のように車載局制御部826は、いずれの車載局が送受信に適切であるかを判定し、どちらか一方の車載局のみが送信を行うように車載局用伝送装置827を制御する。

【0255】また、携帯電話端末700から前進局702kへの信号の伝送についても、受信レベルの変動の問題およびドップラーシフトの問題が生じる。しかし、これらの問題も同様に、前述したような前進局702kおよび移動体720における構成および動作によって解決することができる。

【0256】ここで、車載アンテナ821の送受信パターンは、明確な指向性を持たないものでよいし、指向性を持つものであってもよいことは前述した。しかし、車載アンテナ821は、直近の前進局702kが設置されている方向の利得、典型的には移動体720の進行方向に対して横方向の利得が小さくなるような指向性を持つと、極めて大きな電力による送受信の抑制ないし送受

信ダイナミックレンジの抑制を図ることが可能となる。  
その指向性の形状としては、例えば、移動体720の正面において最大利得となるようなペンシル状のビームパターンなどが考えられる。

【0257】このように、車載アンテナ821が上記のような指向性を持つように選ばれるとすれば、移動体720正面からの見越し角度が深くなるにつれて、アンテナ利得が減少する。したがって、移動体720が前進局702kへ近づくにつれて、移動体720から見た前進局702kの見越し角が非常に深くなり、アンテナ利得が低下して、受信レベルが抑制される。

【0258】このようなアンテナパターンを持つ車載アンテナ821を採用することによって、第1および第2の車載局7101および7102と、前進局702kとにおいて、極めて大きな電力による送受信の抑制ないし送受信ダイナミックレンジの抑制を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図1のシステムにおける前進局の詳細な構成を示すブロック図である。

【図3】或るDFBレーザのひずみ発生特性を示すグラフである。

【図4】図1のシステムにおける波長制御方法の構成を示す模式図である。

【図5】或るDFBレーザの発光波長と電力の温度依存性を示すグラフである。

【図6】従来の携帯電話用光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の一実施形態に係るシステムに用いられる移動体の全体構成を含むブロック図である。

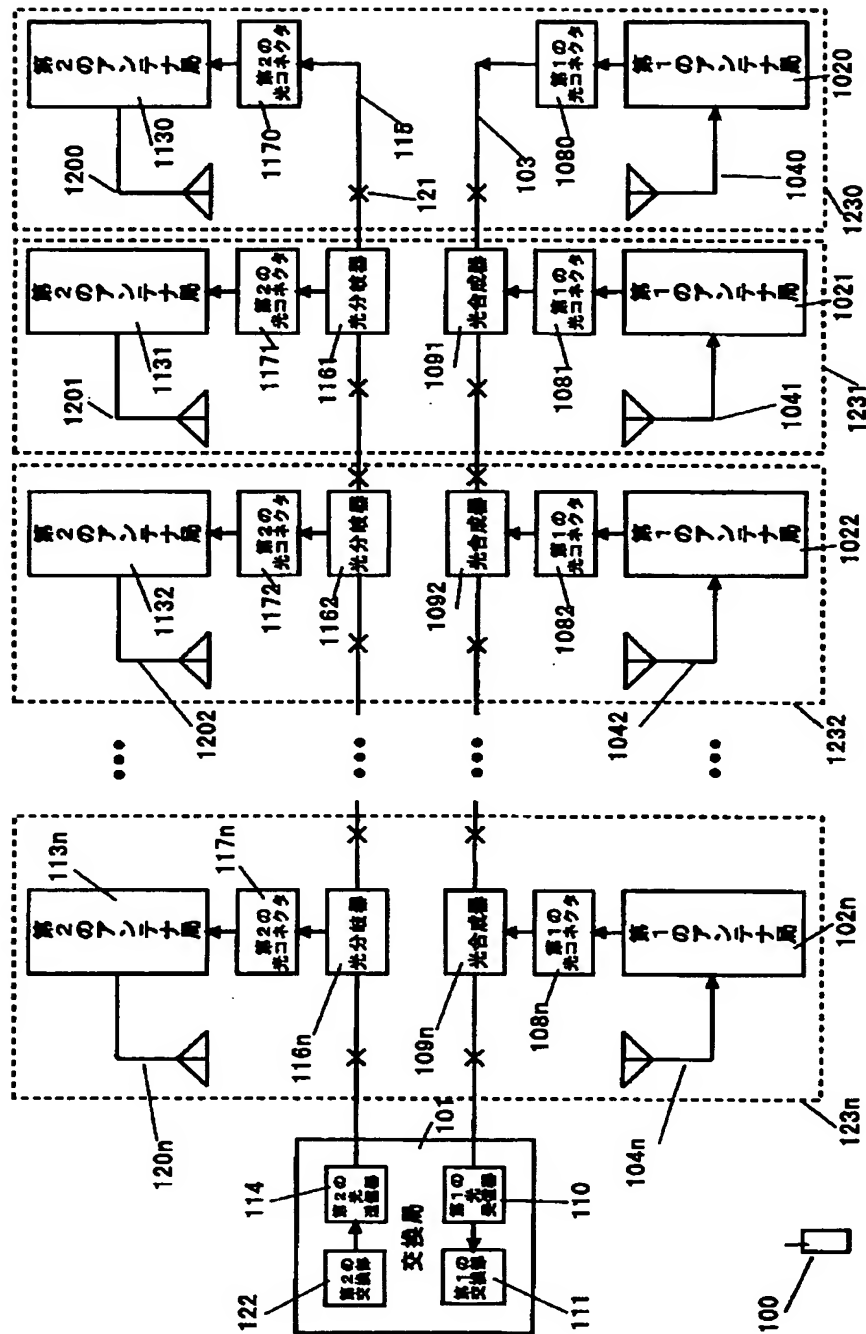
【図8】本発明の一実施形態に係るシステムに用いられる移動体の詳細な構成を含むブロック図である。

【符号の説明】

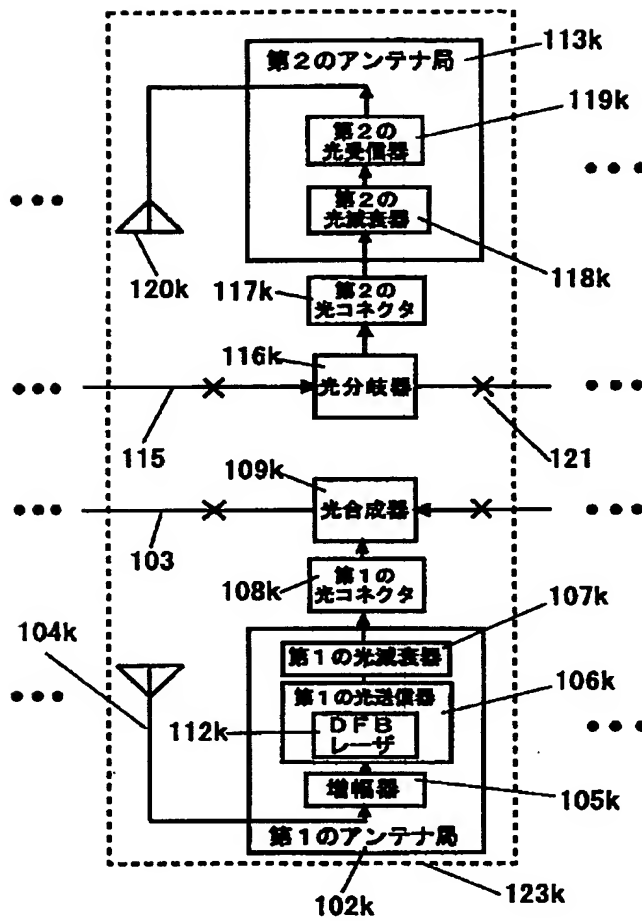
100 携帯電話端末  
101 交換局  
102k 第1のアンテナ局  
103 第1の光ファイバ  
104k 第1のアンテナ  
105k 増幅器  
106k 第1の光送信器  
107k 第1の光減衰器

108k 第1の光コネクタ  
109k 光合成器  
110 第1の光受信器  
111 第1の交換部  
112k DFBレーザ  
113k 第2のアンテナ局  
114 第2の光送信器  
115 第2の光ファイバ  
116k 光分岐器  
117k 第2の光コネクタ  
118k 第2の光減衰器  
119k 第2の光受信器  
120k 第2のアンテナ  
121 融着点  
122 第2の交換部  
123k 前進局  
401k 恒温槽  
700 携帯電話端末  
701 交換局  
7020~702n 前進局  
7031 第1の光ファイバ  
7032 第2の光ファイバ  
720 移動体  
7101、7102 車載局  
7301~730i 車内局  
740 車内伝送路  
7500~750n 移動体検出部  
7101 第1の車載局  
7102 第2の車載局  
821 車載アンテナ  
822 共用器  
823 車載送信機  
824 車載受信機  
825 受信レベル測定部  
826 車載局制御部  
827 車載局用伝送装置  
831 電力分配器  
832 送信レベル調整器  
833 受信レベル調整器  
834 サーキュレータ  
835 車内アンテナ  
836 双方向増幅器

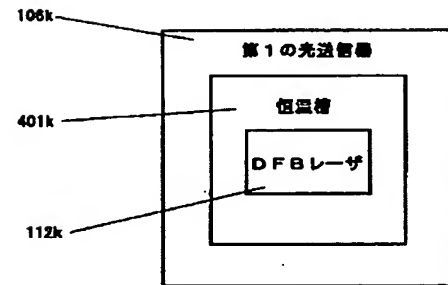
【図1】



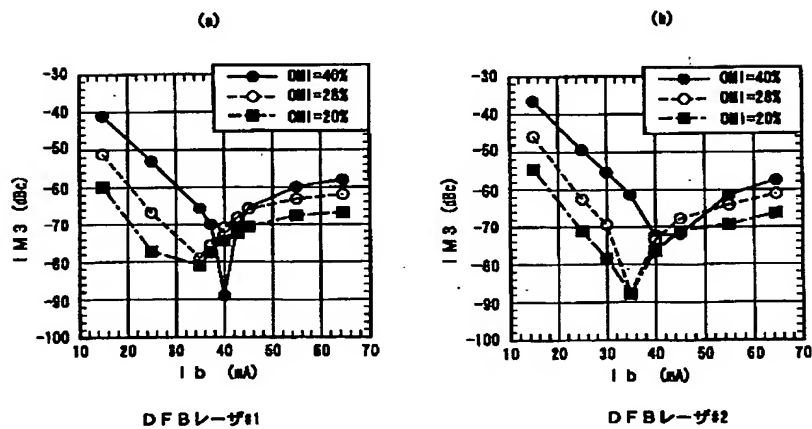
【図2】



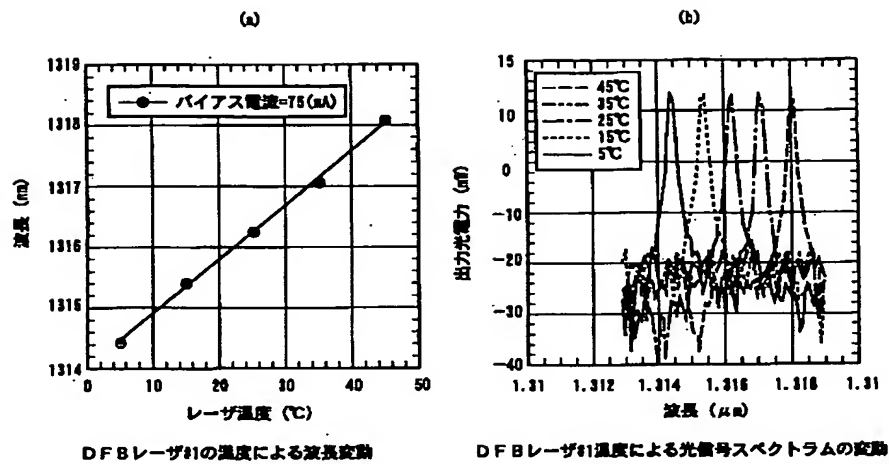
【図4】



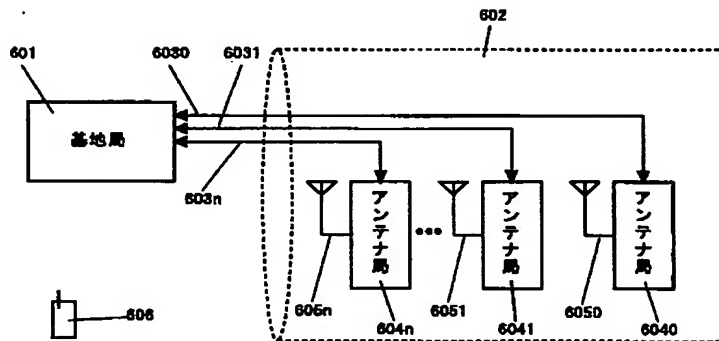
【図3】



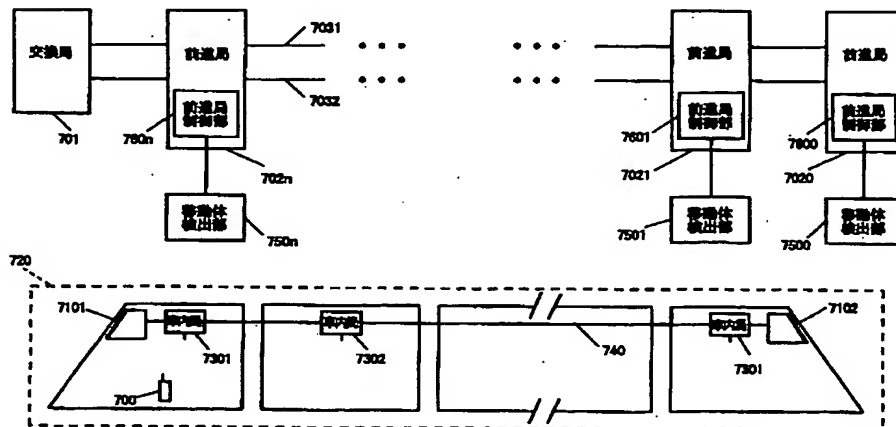
【図5】



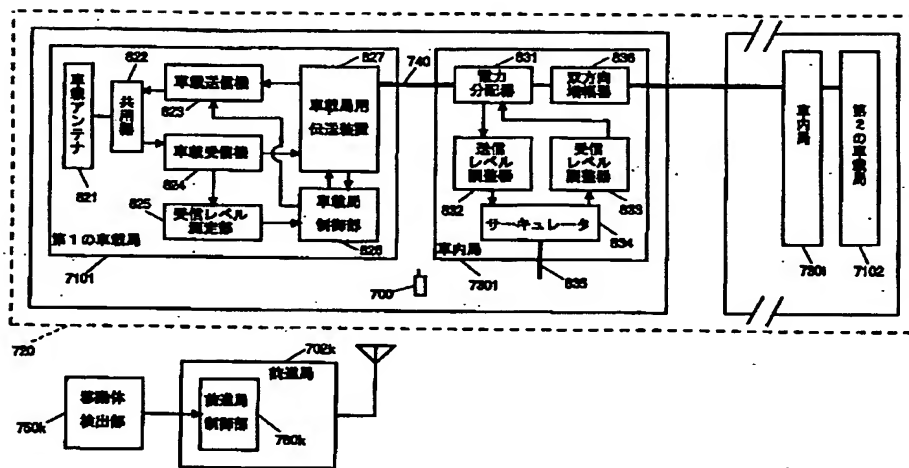
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H04B 10/00

H04L 12/40

識別記号

FI

H04L 11/00

テーマコード(参考)

321